



DAVI HENRIQUE LIMA TEIXEIRA

**EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO VISUAL PARA
PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA VERDE DE
*Brachiaria ruziziensis***

LAVRAS – MG

2015

DAVI HENRIQUE LIMA TEIXEIRA

**EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO VISUAL PARA PRODUTIVIDADE DE
BIOMASSA VERDE DE *Brachiaria ruziziensis***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Coorientadores

Dr. José Airton Rodrigues Nunes

Dr. Fausto de Sousa Sobrinho

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Teixeira, Davi Henrique Lima.

Eficiência da seleção visual para produtividade de biomassa
verde de *Brachiaria ruziziensis* / Davi Henrique Lima Teixeira. –
Lavras : UFLA, 2015.

85 p.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientadora: Flávia Maria Avelar Gonçalves.

Bibliografia.

1. Estratégias de seleção massal. 2. Médias BLUP. 3.
Parâmetros genéticos. 4. Ganhos e Herdabilidade realizada. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

DAVI HENRIQUE LIMA TEIXEIRA

**EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO VISUAL PARA PRODUTIVIDADE DE
BIOMASSA VERDE DE *Brachiaria ruziziensis***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2015.

Dr. Fausto de Souza Sobrinho	EMBRAPA GADO DE LEITE
Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho	UFLA
Dr. Flávio Rodrigo Gandolfi Benites	EMBRAPA GADO DE LEITE
Dr. José Airton Rodrigues Nunes	UFLA

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves
Orientadora

LAVRAS – MG

2015

A Deus que iluminou minha trajetória.

Aos meus pais, Djalma e Tercimar, que me ensinaram a batalhar pelos meus objetivos.

Aos meus familiares, tios, primos e avós pelo apoio e confiança. Nunca vou esquecer a disposição em me ajudar quando precisei mudar para Lavras.

A todos os membros da igreja batista Luz do Evangelho, pela ajuda incondicional e amor fraterno.

Ao meu familiar, Coronel Manoel Pedro da Costa Costeira, que com seu auxílio e bom coração me ajudou a concluir a graduação, o mestrado e o doutorado.

Aos meus familiares, Ivete da Costa Costeira e João Antônio da Costa Costeira, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram quando precisei.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras pelo apoio na realização do Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Doutorado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Gado de Leite) pelo financiamento dos experimentos e disposição dos dados para elaboração desta tese.

Aos pesquisadores da Embrapa Gado de Leite, Dr. Fausto de Souza Sobrinho e Dr. Flávio Rodrigo Gandolfi Benites, pela disposição e apoio incondicional na elaboração deste trabalho.

Aos demais pesquisadores, técnicos e funcionários de campo da Embrapa Gado de Leite que contribuíram valiosamente na avaliação e condução dos experimentos que geraram esta pesquisa.

À minha querida orientadora, Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves, pelo ensinamento, atenção, preocupação, disponibilidade e, em especial, por não desistir de mim.

Ao meu querido coorientador, Dr. José Airton Rodrigues Nunes, pelo ensinamento, disponibilidade, atenção, paciência, encorajamento e grande contribuição prestada a este trabalho.

Aos membros da banca, Dr. Fausto de Souza Sobrinho, Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho, Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves, Dr. Flávio Rodrigo Gandolfi Benites e Dr. José Airton Rodrigues Nunes pelas valiosas contribuições para o aperfeiçoamento desta tese.

Aos professores, pelos ensinamentos transmitidos, amizade, atenção e convívio.

Ao meu grande amigo Kaio Olímpio das Graças Dias que fez parte da equipe de elaboração da tese.

Às equipes de melhoramento de plantas perenes e sorgo, meus amigos, Bráulio Moraes, Luiz Gustavo, Vinícius Andrade, Breno Alvarenga, Heloísa Guimarães, Gustavo Pucci, Rodrigo Alves e Gabrielle Lombardi pela amizade, companheirismo, convívio, aprendizado e trabalhos efetuados.

Às minhas amigas e conterrâneas Natália Padilha e Patrícia Andrade pela amizade e apoio.

À secretária da Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da UFLA, Lilian Carla de Freitas, pelo apoio profissional e emocional durante o curso de Doutorado.

Às secretárias do departamento de Biologia da UFLA, Maria Zélia de Resende Braga Oliveira e Raffaella Karla da Silva, pelo apoio profissional.

Às auxiliares, dona Irondina e Sebastiana (Du), pelo carinho e amizade.

RESUMO

A seleção visual é uma alternativa prática para seleção de plantas, mas sua eficiência em discriminar visualmente os genótipos de maior produtividade tem sido questionada. Pelo exposto, os objetivos deste trabalho foram: aferir a eficiência da seleção visual, em relação à seleção massal fenotípica, à média BLUP (Melhor Predição Linear não Tendenciosa) e ao acaso, para produção de biomassa verde de genótipos de *Brachiaria ruziziensis*; e avaliar, dentro de cada estratégia de seleção massal, a correspondência do desempenho das plantas selecionadas com base em informação sem repetição e na média de apenas dois cortes, e seus clones, avaliados em ensaio com repetições e maior número de cortes. Foram consideradas quatro estratégias de seleção massal: por notas de vigor (visual), pelas médias fenotípicas, médias BLUP e pelo acaso (sem seleção). O trabalho foi dividido em duas etapas: 1) Avaliação da eficiência da seleção visual em relação às demais estratégias de seleção, na qual foram avaliados 2.309 genótipos, em experimento delineado em blocos aumentados, com dois cortes de avaliação; 2) Avaliação da correspondência do desempenho de plantas individuais, selecionadas em cada estratégia de seleção massal, e seus clones em ensaios com repetição, na qual os clones das plantas selecionadas na etapa anterior foram avaliados em experimento delineado em látice triplo com quatro cortes de avaliação. Em cada etapa, os caracteres avaliados foram: nota de vigor da planta e produção de biomassa verde. Estimou-se a herdabilidade realizada para cada estratégia de seleção. A seleção massal visual resultou em moderada eficiência em relação à massal fenotípica e BLUP para elevadas intensidades de seleção, mas apresentou bom número de coincidências em baixas intensidades de seleção. A herdabilidade realizada foi maior para a seleção com base na média BLUP seguida da seleção visual. As estratégias de seleção massal pelas médias fenotípicas, BLUP e visual apresentaram ganhos semelhantes. O efeito da interação genótipos x ambientes na produção de biomassa verde foi um limitante para a correspondência do desempenho de plantas selecionadas e seus clones. Com isso, a seleção deve ser realizada com intensidade de seleção branda e a seleção visual pode ser uma ferramenta útil em etapas iniciais de programas de melhoramento para descarte de genótipos.

Palavras-chave: Estratégias de seleção massal. Médias BLUP. Parâmetros genéticos. Ganho genético. Herdabilidade realizada.

ABSTRACT

Visual selection is a practical alternative for plant breeding. However, its efficiency for visually discriminating higher productivity genotypes has been questioned. The aim of this work were to measure the efficiency of visual selection in relation to phenotypic mass selection, BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) mean and selection by chance for the green matter yield of *Brachiaria ruziziensis* genotypes; and evaluate, for each mass selection strategy, the correspondence between the performance of the selected plants in unreplicated trial based on two cuts, and their clones evaluated in replicated trial and four cuts. We considered four mass selection strategies: vigor rating scale (visual), phenotypic means, BLUP means and by chance (no selection). The work was divided into two stages: 1) Evaluation of the visual selection efficiency in relation to the remaining selection strategies, in which were evaluated 2.309 genotypes, in augmented block design experiment, with two cuts; 2) Evaluation of the correspondence of the performance of individual plants and their clones, in which the clones of the plants selected were evaluated in triple lattice design experiment, with four cuts. In each stage, the traits evaluated were: vigor rating scale of the plant and green matter yield. The realized heritability for each selection strategy was estimated. Visual mass selection resulted in moderate efficiency in relation to phenotypic mass and BLUP for higher selection intensities, but presented good number of coincidence in low selection intensities. The realized heritability was higher for selection based on BLUP, followed by visual selection. The mass selection strategies by the phenotypic means, BLUP and visual presented similar gains. The effect of the genotype by environment interaction on the green matter yield was a limiting to the correspondence of the performance of the selected plants and their clones. Thus, selection must be performed with mild selection intensity. Visual selection may be a useful tool at initial stages of breeding programs for discarding genotypes.

Keywords: Mass selection strategies. BLUP means. Genetic parameters. Genetic gain. Realized heritability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	O gênero <i>Brachiaria</i> (Syn. <i>Urochloa</i>).....	14
2.2	Melhoramento genético de <i>Brachiaria</i>	18
2.3	Característica e potencial genético da espécie <i>Brachiaria ruziziensis</i>	24
2.4	Ganhos com a seleção	29
2.5	Seleção visual	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	Local.....	35
3.2	Eficiência da seleção visual	35
3.2.1	Genótipos avaliados, delineamento e condução do experimento.....	35
3.2.2	Características avaliadas	36
3.2.3	Estratégias de seleção e eficiência da seleção visual	37
3.3	Correspondência no desempenho das plantas selecionadas individualmente e seus clones	41
3.3.1	Descrição e condução do teste clonal	41
3.3.2	Análise estatístico-genética dos dados.....	42
3.3.2	Correlação classificatória de Spearman	44
3.3.3	Herdabilidade realizada.....	44
4	RESULTADOS	46
4.1	Eficiência da seleção visual	46
4.2	Desempenho de clones obtidos por diferentes estratégias de seleção	51
5	DISCUSSÃO	56
5.1	Eficiência da seleção visual	56
5.2	Desempenho de clones obtidos por diferentes estratégias de seleção	60
6	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as áreas de pastagens totalizam cerca de 190 milhões de hectares (JANK et al., 2014), sendo essas as principais responsáveis pela produção de carne e leite do país (SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011). Embora seja grande o número de espécies forrageiras disponível (MACEDO, 2006), 85% dos pastos são cultivados com espécies do gênero *Brachiaria* (Trin.) Griseb (JANK et al., 2014). Porém, quase a totalidade das espécies desse gênero possui reprodução predominantemente assexual via apomixia (VALLE et al., 2008). Tal fato fez com que, até pouco tempo, o melhoramento dessas espécies fosse baseado na seleção e clonagem de genótipos superiores a partir da variabilidade genética existente (RESENDE et al., 2007).

A única espécie de *Brachiaria* cultivada no país que é diploide e de reprodução sexuada é a *Brachiaria ruziziensis* R. Germ. & C.M. Evrard (FERGUSON; CROWDER 1974; SOUZA SOBRINHO; et al., 2010). Portanto, essa espécie permite a recombinação de genótipos selecionados, de forma mais fácil frente às demais espécies do gênero. Assim, é possibilitado o melhoramento intraespecífico e, também, interespecífico pela duplicação cromossômica de plantas (DIAS et al., 2013).

O potencial da *B. ruziziensis* como pasto é evidenciado por estudos que mostram genótipos com elevada produção de biomassa (SOUZA SOBRINHO, LÉDO; KOPP, 2011), resistência a cigarrinhas-das-pastagens (SOUZA SOBRINHO; AUAD; LÉDO, 2010) e tolerância a solos ácidos (BITENCOURT et al., 2011; MARTINS et al., 2011). No entanto, o mérito de uma espécie forrageira vai além da sua produção de biomassa, já que a mesma deve proporcionar maior produção de carne, leite e outros produtos de origem animal (VALLE et al., 2008). Dessa forma, a *B. ruziziensis* também se mostra como forte

alternativa em razão de sua alta qualidade nutricional quando comparada a algumas espécies desse gênero (LOPES et al., 2010).

Nas gerações iniciais dos programas de melhoramento genético de forrageiras, em que se avaliam grande número de genótipos, umas das maiores preocupações é a avaliação e seleção acurada de genótipos superiores. Pelo baixo custo, a seleção visual é constantemente aplicada, mas muito se tem discutido quanto a sua eficiência na discriminação de genótipos que sejam de fato superiores (CUTRIM; RAMALHO; CARVALHO, 1997). Essa preocupação é importante, uma vez que um mecanismo de seleção ineficaz pode comprometer os esforços empreendidos para obtenção de progresso genético (CARVALHO et al., 2001).

Existem relatos de que a seleção visual é efetiva em identificar genótipos superiores, especialmente em etapas iniciais de melhoramento em que a variabilidade fenotípica é ampla (BOWMAN et al., 2004). Comparações entre a produtividade de populações obtidas por seleção visual e advindas de plantas não selecionadas corroboram tal fato (ORDÁS et al., 2012; DAHIYA et al., 1984). Quando confrontada com a seleção pela produtividade, em geral, a seleção visual é menos eficiente em gerar populações de elevada produtividade (ABREU et al., 2010; HELMS; ORF; SCOTT, 1994; SILVA et al., 1994; DAHIYA et al., 1984). É de senso comum que essa eficiência está fortemente associada a caracteres de alta herdabilidade (ABREU et al., 2010; BRIGGS; FARIS; KELKER, 1971). Vale ainda salientar que a seleção visual é praticada em programas de melhoramento de forrageiras, contudo sua eficiência não foi quantificada.

Outro aspecto relevante que surge, principalmente em etapas iniciais de alguns programas de melhoramento, é quanto à seleção realizada com informações de genótipos avaliados sem repetição, em parcelas compostas por plantas individuais. Diante disso, a indagação é sobre a eficiência desta seleção e, especialmente, a correspondência entre o desempenho da planta selecionada e dos seus clones nos testes clonais subsequentes. Em eucaliptos foi verificada baixa

correspondência entre o desempenho de plantas selecionadas e seus respectivos clones por causa da forte interação genótipos x ambientes (REIS et al., 2011).

Pelo exposto, os objetivos desse trabalho foram: 1) verificar a eficiência da seleção massal visual, em relação à seleção massal com base na produção de biomassa verde, na média BLUP (Melhor Predição Linear não Tendenciosa) e ao acaso, para produção de biomassa verde de genótipos de *B. ruziziensis*; 2) avaliar, dentro de cada estratégia de seleção, a correspondência do desempenho das plantas selecionadas com base em informação sem repetição e na média de apenas dois cortes, e seus clones, avaliados em ensaio com repetições e maior número de cortes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*)

Espécies forrageiras são de grande importância para a agropecuária brasileira, visto que o Brasil é o segundo maior produtor de carne do mundo, atrás dos Estados Unidos (JANK et al., 2014). A produção de carne no país depende essencialmente de pastejo, com menos de dez por cento dos animais abatidos provenientes de confinamento (JANK et al., 2014; EUCLIDES et al., 2010). Nesse cenário, as espécies de *Brachiaria* se destacam, uma vez que, a cada ano, cerca de oito milhões de hectares de pastos são renovados ou recuperados, sendo aproximadamente 80% com espécies de *Brachiaria* (JANK et al., 2014).

O gênero *Brachiaria* pertence à tribo Paniceae; subfamília Panicoideae e família Poaceae (GONZÁLES; MORTON, 2005). Estudos têm sugerido a transferência de algumas espécies do gênero *Brachiaria* para *Urochloa* P. Beauv. As espécies de *Brachiaria* mais cultivadas nos países da América Tropical, por esses estudos, estão sendo sugeridas como *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. humidicola* e *U. ruziziensis* (GONZÁLES; MORTON, 2005; KELLER-GREIN; MAAS; HANSON, 1996; MILES et al., 2004; SANTOS FILHO, 1996).

A nova sistemática tem sido utilizada em trabalhos recentes, mas alguns autores não concordam com essa transferência em decorrência de estudos que discutem a fraqueza da diferenciação entre esses gêneros pela orientação das espiguetas (*Brachiaria*: adaxial, com a primeira gluma voltada para a raque; *Urochloa*: abaxial com a primeira gluma oposta a raque), que funciona apenas para espiguetas individuais nos ramos primários (MORRONE; ZULOAGA, 1992, 1993; WEBSTER, 1987, 1988). Em vista dessa discordância, e para fins de melhor compreensão, será mantida a nomenclatura como gênero *Brachiaria* spp.

A inflorescência das espécies de *Brachiaria* é uma panícula que possui de dois a seis racemos (ALVES, 2000). Cada racemo sustenta uma série de espiguetas arranjadas em uma ou duas fileiras (NUNES et al., 1984). O número, forma, comprimento da espiguetas e outras características variam conforme a espécie (RENVOIZE; CLAYTON; KABUYE, 1996). Cada espiguetas agrega duas flores, uma hermafrodita e outra estaminada. As hermafroditas são reduzidas a duas lodículas, três estames e um pistilo. As estaminadas são formadas por apenas três estames, e é funcionalmente normal, na qual há produção e liberação de pólen durante a antese (ALVES, 2000). O comprimento do dia é o principal determinante na floração. Na região sudeste do Brasil, o período de floração ocorre entre o final de dezembro até meados do mês de junho (KOEHLER, 2010).

O sistema reprodutivo do gênero *Brachiaria* varia entre as espécies. As principais espécies cultivadas são alógamas, com possibilidade de propagação sexuada e assexuada. A propagação assexuada pode ser realizada por partes da planta que apresentam raízes ou por apomixia. A apomixia em *Brachiaria* é gametofítica do tipo aposporia, na qual células apospóricas (células somáticas do nucelo) passam por duas mitoses sucessivas para dar origem a sacos embrionários do tipo *Panicum*, constituído de quatro células: uma oosfera, duas sinérgidas e um núcleo polar (ARAÚJO et al., 2000). O embrião se desenvolve de forma autônoma, por partenogênese da célula-ovo não reduzida, ou seja, é formada uma semente em que o embrião não é produto da reprodução sexual, mas sim um clone da planta mãe (VALLE; SAVIDAN, 1996). Contudo, a fertilização do núcleo polar é necessária para formação do endosperma. Este último processo é conhecido por pseudogamia (ALVES; CARNEIRO; ARAÚJO, 2001).

O número básico de cromossomos do gênero determinado por Darlington e Wylie (1995) é de sete ou nove. No entanto, um novo número básico de seis foi encontrado e descrito em alguns acessos heptaploides de *B. humidicola*, com 42 cromossomos, e tetraploides de *B. dictyoneura*, com 24 cromossomos (RISSO-

PASCOTTO; PAGLIARINI; VALLE, 2006). A ploidia nesse gênero é algo frequente e extremamente complexo, tanto que pela primeira vez houve relato de pentaploides naturais (PENTEADO et al., 1996; LETTERIELLO et al., 1999). Apesar de se identificarem séries de poliploides em espécies deste gênero, prevalecem espécies tetraploides ($2n=4x=36$).

O nível de ploidia da espécie é importante para o sistema reprodutivo e, conseqüentemente, para delimitar as estratégias de melhoramento genético. Poliploides em *Brachiaria* apresentam a vantagem da apomixia, mecanismo útil para desenvolvimento e manutenção de novas cultivares (KEARNEY, 2005; HÖRANDL, 2006). No caso de tetraploides, a apomixia pode ser facultativa (ORTIZ et al., 2013), uma vez que sacos meióticos, do tipo *Polygonum*, são observados com frequência em espécies desse gênero. Em *B. brizantha* já foram identificados acessos em que 42% dos ovários continham sacos do tipo *Polygonum* e *Panicum*, mas somente 13% dos sacos meióticos estavam próximo à micrópila, sendo, portanto, passíveis de serem fertilizados (ARAUJO et al., 2004). Entretanto, nesse mesmo estudo foi identificado um acesso apomítico no qual 10% dos ovários analisados continham apenas sacos do tipo *Polygonum*, o que permite a obtenção de híbridos.

Deve-se destacar que há casos de apomíticos obrigatórios, que são tão mais frequentes quanto maior for o nível de ploidia (MILES, 2007). A ploidia também interfere na fertilidade do pólen, pois, em alguns poliploides ocorrem meioses irregulares que causam desbalanceamento cromossômico nos micrósporos e formam pólen estéreis (MENDES-BONATO et al., 2004; MENDES-BONATO; PAGLIARINI; VALLE, 2006).

Já foram introduzidas mais de 16 espécies desse gênero no Brasil (VALLE et al., 2008), mas as mais cultivadas são *B. brizantha* (cv. Marandu) e *B. decumbens* (cv. Basilisk), com área plantada estimada de 100 milhões de hectares (RESENDE et al., 2007; SIMONINI; VALLE, 2009). Outras duas espécies, *B.*

humidicola e *B. ruziziensis*, também são de grande expressividade em diversas regiões do país, mas atendem a nichos específicos (MILES; CARDONA; SOTELO, 2006; SANTOS FILHO, 1996).

Essas espécies, originárias da África, são herbáceas e perenes, eretas ou prostadas (PARSONS, 1972). A grande utilização como forrageiras é decorrente da ampla adaptação às diferentes condições climáticas brasileiras (FLORINDO et al., 2014), especialmente por serem fisiologicamente tolerantes a solos ácidos e de baixa fertilidade (RAO; KERRIDGE; MACEDO, 1996; SANTOS FILHO, 1996). A maioria dos solos brasileiros sob pastagem é ácido e de fertilidade baixa ou intermediária (EUCLIDES et al., 2010; SOUZA; LOBATO, 2004), sendo que *B. decumbens* e *B. humidicola* classificadas no grupo de forrageiras de melhor adaptação a esses solos, enquanto que *B. brizantha* é classificada como de adaptação intermediária (FLORINDO et al., 2014). A *B. ruziziensis*, reconhecidamente a de maior valor nutritivo, não persiste em solos ácidos (MILES et al., 2004).

Além da maior adaptabilidade aos solos brasileiros, as espécies de *Brachiaria* apresentam boa resistência a estresses bióticos, sendo o ataque de cigarrinhas-das-pastagens a maior limitação biótica (MILES; CARDONA; SOTELO, 2006). A cultivar Marandu (*B. brizantha*), lançada na década de 1980, foi selecionada para maior tolerância a essa praga (NUNES et al., 1984) e hoje é a cultivar de maior representatividade na área plantada (DUARTE et al., 2007; MILES; CARDONA; SOTELO, 2006). Outros fatores bióticos são fontes de preocupação, tais como o fungo causador da podridão do coleto (SOUZA et al., 1999; VALERIO et al., 2000) e do percevejo *Collaria oleosa* (SILVA et al., 2013a; AUAD et al., 2011).

O CIAT (International Center for Tropical Agriculture), localizado na Colômbia, possui uma coleção de germoplasma com cerca de 700 acessos de *Brachiaria* obtida por coleta direta na África, na qual os pesquisadores possuem

como objetivo selecionar plantas com ampla adaptação edáfica e tolerância às cigarrinhas (MILES; CARDONA; SOTELO, 2006). No entanto, as avaliações dos acessos dessa coleção mostraram não existir germoplasma que reúna essas características (MILES; CARDONA; SOTELO, 2006).

No Brasil, a Embrapa possui um banco de germoplasma com 455 acessos (VALLE et al., 2008), dos quais 446 foram importados da coleção de germoplasma do CIAT (KELLER-GREIN; MAASS; HANSON, 1996). Estudos de caracterização e seleção na variabilidade natural desses acessos foram os principais responsáveis no lançamento de cultivares de destaque no sistema de produção de bovinos (VALLE; JANK; RESENDE, 2009). Além disso, estudos de caracterização citogenética desses acessos permitiu a ampliação da variabilidade genética por meio de cruzamentos intra e interespecíficos, o que possibilitou a adoção de novas estratégia de melhoramento como seleção recorrente recíproca ou intrapopulacional e cruzamento direto entre acessos apomíticos e sexuais (ALVES et al., 2014).

2.2 Melhoramento genético de *Brachiaria*

O progresso alcançado nas pesquisas de forrageiras nas últimas décadas foi enorme. Como evidência pode-se citar o acréscimo de mais de 18 milhões de cabeça de gado entre 1995 e 2006, período no qual houve uma redução de 14,8 milhões de hectares das áreas cobertas por pastos (EUCLIDES et al., 2010).

Esse progresso é ainda maior quando se considera os desafios do melhoramento de forrageiras. Esses programas de melhoramento não buscam apenas a formação de cultivares de alta produtividade de biomassa, mas, também, que proporcionem maior desempenho animal na produção de carne e leite, o que demanda avaliações específicas para recomendar uma nova cultivar (PEREIRA et al., 2001). Mas, a bem da verdade, deve-se dizer que esses resultados finais

passam primeiro por caracteres intrínsecos à planta, tais como maior proporção de folhas em relação à colmo e ao material morto (LEMAIRE et al., 2009).

A folha é a característica mais importante para aumentar o consumo animal (STOBBS, 1973). É nessa parte da planta onde se encontram os maiores teores de proteína bruta e de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, e menores porcentagens de fibras em detergente neutro e lignina, ou seja, onde há maior reserva nutricional ao animal (BARONI et al., 2010). Além disso, Euclides et al. (2009) observaram que as maiores relações entre folhas/colmo e folha/material morto foram mais importantes para o ganho de peso animal do que o valor nutritivo. A disponibilidade de folhas depende de caracteres secundários, que também são alvo de melhoramento, tais como, taxa de alongamento de colmo, taxa de alongamento de folhas e taxa de aparecimento de folha; os quais são controlados geneticamente e por condições ambientais (LEMAIRE et al., 2009).

Quanto ao ambiente há fatores bióticos e abióticos que podem afetar a disponibilidade de folhas verdes. No Brasil, o principal fator biótico para as espécies de *Brachiaria* é o dano causado às folhagens pela toxina liberada no momento da alimentação de ninfas e adultos de diferentes espécies de cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera:Cercopidea) (HEWITT, 1988; VALÉRIO; NAKANO, 1992). Esses efeitos causam redução na atividade fotossintética de plantas e amarelecimento das folhas, o que as torna pouco palatável para o gado (SOUZA et al., 2008). Em caso de ataque severo e prolongado, a qualidade e produção de forragem são seriamente afetadas (AGUIRRE et al., 2013). O controle químico em pastagem é economicamente inviável (SILVEIRA NETO, 1976), sendo a obtenção de cultivares resistentes o controle mais efetivo dessa praga (VALÉRIO et al., 2001). A cultivar Marandu (*B. brizantha*) e o híbrido interespecífico Mulato II (CONVERT HD364), recém lançado, possuem resistência antibiótica a ninfas, ou seja, provocam efeito negativo na sobrevivência das mesmas, e tolerância aos ataques de adultos de algumas espécies de cigarrinha (AGUIRRE et al., 2013).

Embora as primeiras espécies de *Brachiaria* tenham sido introduzidas na década de 1950, o melhoramento genético de forrageiras só teve início em meados de 1980 (EUCLIDES et al., 2010; VALLE et al., 2008). Nesse intervalo, o que houve foi um melhoramento de pastagem, ou seja, aumento na capacidade de suporte por introdução de cultivares exóticas e aprimoramento de manejos, como adubações em linhas e superficiais (VALLE et al., 2008). O início do melhoramento genético de forrageiras foi caracterizado pela exploração da variabilidade existente na natureza, com a seleção e clonagem de genótipos apomíticos superiores presentes nas coleções de germoplasma de origem das savanas africanas (RESENDE et al., 2007; MILES, 2007).

As primeiras variedades no Brasil constaram da introdução de *B. decumbens* pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte no Estado do Pará (KELLER-GREIN; MAASS; HANSON, 1996). Na região Norte, a primeira cultivar registrada foi a Ipean, mas o comércio de sementes iniciou na década de 1970 com a cultivar Basilisk, importada da Austrália e originária de um acesso de um germoplasma mantido em Uganda e introduzido na Austrália em 1930 (SANTOS FILHO, 1996). Os problemas com cigarrinhas-das-pastagens e as extensas áreas de pastagens degradadas, associadas ao manejo indevido, incentivaram a busca por outras variedades (VALLE et al., 2008).

No Norte foram introduzidas variedades de *B. humidicola* avaliadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1973 (SANTOS FILHO, 1996). Essa espécie foi a primeira substituição a *B. decumbens* (cv. Basilisk), devido a uma maior rusticidade e adaptação a solos úmidos, e maior tolerância às cigarrinhas-das-pastagens, sendo conhecida como cultivar comum ou quicuiu da Amazônia (KELLER-GREIN; MAASS; HANSON, 1996). Outra cultivar dessa espécie é a cultivar Llanero, selecionada como de melhor qualidade nutricional em relação à anterior e maior produção de biomassa (EUCLIDES et al., 2010). A cultivar mais recente dessa espécie é a cultivar Tupi, lançada em 2012 pela

Embrapa e selecionada com base na produtividade, vigor e tolerância a cigarrinhas-das-pastagens (BARBOSA, 2012).

A espécie mais cultivada no país é a *B. brizantha*, por meio da cultivar Marandu. Essa cultivar foi lançada pela Embrapa Gado de Corte com parceria da Embrapa Cerrados no ano de 1984, sendo as avaliações iniciadas no final da década de 1970. Trata-se de um genótipo proveniente da estação experimental de Marrandellas no Zimbábue, introduzido no final da década de 1960 e cultivado por vários anos no Estado de São Paulo (NUNES et al., 1984). A principal característica que popularizou essa cultivar no Cerrado é a resistência a algumas espécies de cigarrinhas, mas, também, a boa qualidade nutricional, tolerância a solos ácidos, e elevada produtividade de biomassa verde e de sementes foram responsáveis pelo sucesso dessa cultivar até os tempos atuais. Sua principal limitação é a baixa tolerância a solos úmidos se comparada com outras espécies (EUCLIDES et al., 2010). Jank et al. (2014) citam mais três cultivares dessa espécie lançada pela Embrapa com o objetivo de diversificação de pastagem: Xaraés (2003), BRS Piatã (2007) e BRS Paiaguás (2013).

Genótipos naturalmente sexuais, embora raros, foram suficientes para gerar novas combinações genótípicas em populações naturais (MILES, 2007). Porém, esse autor ressalta que essas populações não fornecem forrageiras ideais, uma vez que é pouco provável que a seleção natural tenha formado uma planta com alto valor nutritivo. Atualmente, busca-se a ampliação de variabilidade genética por meio de cruzamentos intra e interespecíficos, com a duplicação de plantas diploides (ALVES et al., 2014). A vantagem dessa metodologia é a possibilidade de introgessão de genes por meio de híbridos interespecíficos (SIMONINI; VALLE, 2009). A principal espécie utilizada é a *B. ruziziensis*, em virtude de ser diploide e exclusivamente sexual (FERGUSON; CROWDER, 1974; GOULART, 2008; PENTEADO et al, 2000). A hibridação com essa

espécie também é promissora, pois, a mesma apresenta boa palatabilidade e qualidade de forragem (SOUZA SOBRINHO et al., 2010).

A apomixia tem sido uma forte ferramenta nos programas de melhoramento. Por ser uma supressão da reprodução sexual, esse fenômeno foi considerado como impedimento ao melhoramento genético (JESSUP, 2005), sendo até rotulado como fim da linha da evolução (DARLINGTON, 1939). No entanto, em espécies em que a apomixia foi intensamente investigada, não se constatou total ausência de sexualidade (ASKER; JERLING, 1992), a exemplo, Jungmann et al. (2010) relatam a presença de um acesso hexaploide sexual natural de *B. humidicola* na coleção mantida pela Embrapa Gado de Corte. Hoje a apomixia é considerada aliada do melhoramento genético, por permitir a fixação de genótipos heterozigotos e, conseqüentemente, melhor exploração da heterose (MILES, 2007). Tal fato é percebido por esforços em transferir a apomixia para culturas como milho, milheto e trigo (SAVIDAN, 2001; 2010).

A caracterização do modo reprodutivo em grandes populações de *Brachiaria* foi possível pelo avanço nas técnicas citogenéticas, que também possibilitaram a quebra da barreira de cruzamento imposta pelo nível de ploidia (VALLE et al., 2008). Os primeiros estudos que possibilitaram o cruzamento interespecífico ocorreram na Bélgica nos quais foram obtidas plantas de *B. ruziziensis* com número de cromossomos duplicados sem a perda da sexualidade (SWENNE; LOUANT; DURJARDIN, 1981; GOBBE; SWENNE; LOUANT, 1981). Além disso, a citogenética permitiu o cruzamento intraespecífico pela identificação de genótipos sexuais de *B. humidicola* (VALLE et al., 2008) e duplicação de acessos diploides de *B. decumbens* (SIMONINI; VALLE, 2009) e *B. brizantha* (PINHEIRO et al., 2000).

Híbridos interespecíficos tetraploides sexuais têm sido obtidos graças ao complexo agâmico existente entre *B. ruziziensis*, *B. brizantha* e *B. decumbens* (VALLE et al., 2008). Resende et al. (2007) apresentaram alguns clones desses

híbridos com produção de biomassa seca superior às cultivares Marandu (*B. brizantha*) e Basilisk (*B. decumbens*). Pereira et al. (2005) destacaram alguns híbridos que combinavam ótimos caracteres agronômicos com elevada qualidade nutricional. Miles, Cardona e Sotelo (2006), em seis ciclos de seleção recorrente em populações tetraploides sexuais sintéticas, obtiveram genótipos com antibiose a três espécies de cigarrinhas-das-pastagens superior à da cultivar Marandu. Rao, Miles e Granobles (1998) mostraram variabilidade genética para tolerância a solos ácidos entre híbridos interespecíficos. Os híbridos Mulato (CONVERT RH) e Mulato II, disponíveis no mercado, embora promissores agronomicamente, apresentam problemas quanto à produção de sementes (FIGUEIREDO, 2011). Nesse sentido, Timbó et al. (2014) ressaltam a necessidade de duplicação cromossômica artificial em genótipos previamente melhorados e o uso de genitores com configurações meióticas regulares.

Os programas de melhoramento de forrageiras agora passam por um novo momento pelo uso de novas biotecnologias. Desde a década de 1980 esses programas têm feito uso extensivo das ferramentas da citogenética, agora estudos com marcadores moleculares começam a dar suporte a esses programas com a possibilidade de seleção mais ágil e acurada de plantas com genótipo promissor para pastejo. Entre as novas possibilidades destacam-se a identificação de híbridos e de marcas associadas a genes que conferem resistência a cigarrinhas-das-pastagens e tolerância a seca, solos mal drenados e com toxidez por alumínio (JANK et al., 2014). Zorzatto et al. (2010) trabalharam com *primers* RAPD e encontraram um marcador molecular distante a 4,61 cM do gene que controla a apomixia em *B. humidicola*, com isso, esse marcador permite a identificação e transferência desse gene para genótipos superiores e sexuais.

Pesquisas de marcadores microssatélites foram desenvolvidos em *B. brizantha* (VIGNA et al., 2011a; JUNGSMANN et al., 2009a), *B. humidicola* (VIGNA et al., 2011b; JUNGSMANN et al., 2009b) e *B. ruziziensis* (SILVA et al.,

2013b). Nessas pesquisas foram obtidas marcas polimórficas, sendo algumas transferíveis entre espécies, especialmente entre *B. brizantha* e *B. ruziziensis* que mostraram maior afinidade genômica (JUNGSMANN et al., 2009a; SILVA et al., 2013b). No contexto de ferramentas moleculares, a *B. ruziziensis* é a mais promissora para estudos de genômica, em decorrência de seu menor genoma (cerca de 600 Mpb) frente às espécies tetraploides como *B. brizantha* e *B. decumbens* (cerca de 1600 Mpb) (ISHIGAKI et al., 2010). Tal fato releva o potencial dessa espécie em programas de melhoramento para a diversificação genética de híbridos interespecíficos (SILVA et al., 2013b).

2.3 Característica e potencial genético da espécie *Brachiaria ruziziensis*

Brachiaria ruziziensis R. Germ. & C.M. Evrard, sinônimo de *Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Crins, é uma espécie africana, inicialmente cultivada no Congo (Zaire) para formar pastagens junto com a espécie *Setaria anceps*. As regiões de ocorrência naturais são de condições úmidas e não inundáveis que se estendem do Zairei até o oeste do Kenia (SENDULSKY, 1997). É conhecida como Ruzigrass, Congo Signal Grass, Congo Grass, e Kennedy Ruzi Grass (SERRÃO; SIMÃO NETO, 1971).

O ciclo de vida desta espécie é perene, com porte subereto e altura entre um e um metro e meio (PUPO, 1979). A base da planta é decumbente, ou seja, se inclina ao solo, e emite raízes nos nós inferiores em diversos pontos no sentido da sua extensão (radicante). Possui rizomas fortes, em forma de tubérculos arredondados com até 15mm de diâmetro. As folhas são lanceoladas, lineares, com grande quantidade de tricomas, verde amareladas, com 100-200mm de comprimento e 15mm de largura (SENDULSKY, 1977; PUPO, 1979). No hemisfério sul a floração ocorre entre os meses de dezembro e janeiro, sendo que

no Brasil são observadas florações também em abril e maio nos Estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia (MARTINS, 2013).

A inflorescência é constituída de três a seis racemos com quatro a dez centímetros de comprimento. Possui raque largamente alada, com cerca de quatro milímetros de largura, geralmente de cor arroxeadada. As espiguetas são pilosas na parte apical, bisseriadas ao longo da raque e podem chegar a cinco milímetros de comprimento. A gluma inferior possui cerca de três milímetros de comprimento localizada a meio ou até um milímetro abaixo do resto da espiguetas (SENDULSKY, 1977). O flósculo fértil apresenta quatro milímetros de comprimento e a produção de sementes é alta (PUPO, 1979).

É uma espécie forrageira amplamente cultivada em países tropicais e subtropicais (KELLER-GREIN; MAAS; HANSON, 1996). Em países tropicais americanos, essa espécie não é tão cultivada pela fraca adaptação a solos de baixa fertilidade e alta susceptibilidade às cigarrinhas-das-pastagens (KELLER-GREIN; MAAS; HANSON, 1996; MILES; CARDONA; SOTELO, 2006), mas é uma forrageira importante no sudeste asiático onde as cigarrinhas não são uma ameaça (HARE; PHAIKAEW, 1999).

A exemplo de outras espécies do gênero, o ingresso no Brasil se deu pela introdução de germoplasma de coleções Australianas na década de 1960 (MARTINS, 2013). Na região do Cerrado é muito utilizada para formação de palhada de cobertura de solo na entressafra de culturas como soja, em decorrência do constante crescimento na estação seca, boa capacidade de rebrota, ganhos expressivos de biomassa seca no final da entressafra e facilidade de dessecação (SILVA et al., 2013c; NEPOMUCENO et al., 2012; PACHECO et al., 2011; MACHADO; ASSIS, 2010). Na Amazônia é utilizada na formação de pastagens de “terra firme” e para controlar a erosão em regiões de declividade mais acentuada (SEIFFERT, 1980).

Alguns fatores fazem com que a *B. ruziziensis* não seja tão utilizada quanto às espécies *B. decumbens* e *B. brizantha* como pastagem. Entre eles, a exigência de solos férteis e pouca tolerância a solos alagadiços e ácidos (KELLER-GREIN; MAASS; HANSON, 1996) e, talvez o mais limitante, a alta susceptibilidade a cigarrinhas-das-pastagens (SOUZA, 2007), sendo que Cardona et al. (2004) e Valério, Jeller e Peixer (1997) chegaram a classificar a espécie como padrão de susceptibilidade juntamente com *B. decumbens*. Nessas pesquisas, a *B. brizantha* foi classificada como padrão de resistência, sendo que a mesma é hoje a maior monocultura em termos de área planta (JANK et al., 2014).

Apesar das limitações bióticas e abióticas para uso extensivo como pastagem no país, deve-se frisar que as mesmas podem ser contornadas por meio de melhoramento genético. Nesse sentido há grande expectativa para essa espécie, uma vez que dentro do gênero, e das cultivadas no país, é a única exclusivamente sexual e diploide (FERGUSON; CROWDER, 1974), o que permite a ampliação da variabilidade genética por recombinação e seleção de genótipos superiores (SOUZA SOBRINHO et al., 2005). Com isso, o melhoramento intrapopulacional é mais fácil, se comparado com outras espécies apomíticas de maior importância. Ademais, a ampliação da variabilidade genética para o melhoramento de *B. decumbens* e *B. brizantha* depende da *B. ruziziensis*, que funciona como ponte para a formação de híbridos sexuais (EUCLIDES et al., 2010; SIMONINI; VALLE, 2009).

Genótipos de *B. ruziziensis* já foram avaliados nas principais condições adversas para essa cultura, e em todos os casos foi verificada variabilidade na produção, o que evidencia o potencial sucesso dos programas de melhoramento genético para formar cultivares de boa adaptação a diversas regiões do país. Martins et al. (2011) e Miguel et al. (2011) verificaram variabilidade em caracteres de crescimento de raiz e de parte aérea de plantas de *B. ruziziensis* submetidas a soluções com alumínio. Nesses trabalhos, os caracteres de raiz foram

pouco afetados, notando-se redução apenas na parte aérea da planta. Desse modo, essa espécie apresenta apenas menor desempenho em relação a *B. decumbens* e *B. humidicola*, classificadas como bem adaptadas a solos ácidos e de baixa fertilidade (EUCLIDES et al., 2010), mas apresenta bons índices de produção nesses tipos de solos (PUPO, 1979).

Souza Sobrinho, Auad e Léo (2010) verificaram grande variabilidade genética em progênies de *B. ruziziensis* para resistência às duas principais espécies de cigarrinhas-das-pastagens, *Mahanarva spectabilis* e *Deois schach*. Esses autores encontraram dez genótipos tão resistentes quanto a cultivar Marandu. É importante destacar que a seleção recorrente em populações sexuais obtidas pelo cruzamento de *B. ruziziensis* com *B. decumbens* e *B. brizantha* possibilitaram a formação de genótipos com antibiose a três espécies de cigarrinhas, sendo que os mesmos não permitiram o desenvolvimento das ninfas (MILES; CARDONA; SOTELO, 2006). Com isso, alelos de resistência a cigarrinhas podem ser introduzidos em populações sintéticas sexuais tetraploides de *B. ruziziensis*.

Existem relatos de que *B. ruziziensis* é uma gramínea de baixa produtividade de biomassa (ALVIM; BOTREL; NOVELLY, 1986; SOUZA, 2007). Contudo, Souza Sobrinho, Léo e Kopp (2011), compararam a produtividade de progênies de meios-irmãos de *B. ruziziensis* com as cultivares Comum (*B. ruziziensis*), Marandu (*B. brizantha*) e Basilisk (*B. decumbens*), e verificaram que algumas progênies apresentaram produção de biomassa verde e seca superior às melhores cultivares do mercado. Esses autores também ressaltam a existência de genótipos com estabilidade de produção de biomassa ao longo do ano.

No que diz respeito à qualidade da forragem, Lopes et al. (2010) avaliou a qualidade das quatro principais espécies de *Brachiaria* cultivadas no país. Esses autores destacaram que *B. ruziziensis* é a espécie de melhor qualidade nutricional. Essa espécie possui taxa de degradação e digestibilidade efetiva da matéria seca,

maior porcentagem de proteína bruta e menor teor de fibra em detergente neutro associado à maior taxa de degradação desse nutriente. Souza Sobrinho et al. (2009) também verificaram superioridade da *B. ruziziensis*, cv. Comum, quanto à qualidade nutricional frente às cultivares de *B. brizantha*, Xaraés e Marandu, *B. humidicola*, Trulli e *B. dictyoneura*.

Quanto à aceitação pelo gado, Lopes et al. (2010) relatam maior aceitação à *B. ruziziensis* frente às demais braquiárias, em função da sua melhor qualidade e palatabilidade. Serrão e Simão Neto (1971) classificaram tanto *B. decumbens* quanto *B. ruziziensis* bem aceitas pelo gado, mesmo quando as plantas apresentam estado avançado de maturação.

Há variabilidade dentro dessa espécie até mesmo em caracteres anatômicos de folhas. Essas características conferem boa adaptação às diversas condições de solo e clima, como períodos de seca e de baixa luminosidade. Santos et al. (2013) identificaram genótipos com plasticidade morfológica para se adaptar à época chuvosa e de seca, nos quais alguns caracteres morfológicos das folhas sequer interagem com a mudança de ambientes.

Alguns países como Brasil, Austrália, Nova Zelândia e Argentina estão trabalhando em um projeto para obtenção do primeiro transgênico de *Brachiaria* e *Paspalum* com vista à redução dos níveis de lignina e melhor valor nutricional (EUCLIDES et al., 2010). Na área da genômica, a *B. ruziziensis* pode se tornar peça chave para alavancar o melhoramento por meio de técnicas moleculares. Isso porque seu genoma é menor e mais simples do que as espécies do seu gênero (ISHIGAKI et al., 2010), o que claramente a torna mais interessante para estudos nessa área. Além disso, Silva et al. (2013b) verificaram que mais de 90% dos marcadores microssatélites que geraram polimorfismo em *B. ruziziensis* também amplificaram produtos PCR em *B. brizantha* e *B. decumbens*, o que mostra maior similaridade genômica entre essas espécies, para *B. humidicola* os marcadores amplificaram apenas 43% produtos PCR. Como a *B. ruziziensis* é sexual e tem

sido utilizada para obtenção de híbridos interespecíficos, a introgressão de genes que controlam caracteres de interesse pode tornar essa espécie como uma das mais importante para as pastagens e, conseqüentemente, para a produção de carne e leite.

A Embrapa Gado de Leite é responsável pelo programa brasileiro de melhoramento genético de *B. ruziziensis* (JANK et al., 2014). O objetivo desse programa é obter cultivares com melhor tolerância a solos de baixa fertilidade, resistentes a cigarrinhas e de alta produção de biomassa verde e seca (SOUZA SOBRINHO et al., 2009). Pela variabilidade natural existente, acredita-se ser possível a obtenção de cultivares melhoradas que venham a contribuir para a pecuária de corte e leite do Brasil (SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011).

2.4 Ganhos com a seleção

Uma das maiores contribuições da genética quantitativa para o melhoramento de plantas foi a possibilidade de prever ganhos com a seleção. Com o surgimento de diferentes metodologias de seleção, o melhorista teve em mãos importantes procedimentos de análises para direcionar o melhor uso dos genótipos disponíveis nos programas de melhoramento para maximizar os ganhos nas características de interesse (PAULA et al., 2002).

A seleção direta para um caráter é o método mais prático e fácil de obter ganhos com a seleção (BORÉM; MIRANDA, 2013). Todavia, a seleção direta pode desencadear uma série de alterações, resultantes de correlações genéticas por ligações gênicas ou pleiotropia. Essas alterações podem ser favoráveis ou não ao processo de melhoramento de uma espécie (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Além disso, deve ser ressaltado que a seleção com base em apenas um caráter não é o objetivo dos atuais programas de melhoramento genético vegetal,

uma vez que as cultivares de mérito econômico aliam caracteres de interesse do agricultor e do consumidor (RODRIGUES et al., 2011; BERTINI et al., 2010).

No melhoramento genético, um dos objetivos é indicar e/ou desenvolver estratégias que levem, no menor tempo e com maior precisão, aos resultados desejados. Na maioria das vezes, o que importa não é a descoberta e sim o melhoramento daquilo que já existe, principalmente ao que se refere a novos ambientes e novas tecnologias (BREWBAKER, 1969). Com a seleção é possível alterar as frequências dos alelos favoráveis e melhorar a característica desejada (ROSADO, 2003).

O fruto de todo e qualquer programa de melhoramento genético pode ser considerado o progresso em cada característica, a cada geração, resultante do método de seleção adotado. Conforme Vencovsky (1987) existe uma expressão para estimar o progresso esperado ajustado a cada estratégia de seleção. Entretanto, todas as expressões baseiam-se na regressão linear simples, como $Y = a + bX$ ou $Y - \bar{Y} = b(X - \bar{X})$. Em que $Y - \bar{Y}$ representa o ganho de seleção (GS); b o coeficiente de herdabilidade (h^2) e $X - \bar{X}$ equivale ao diferencial de seleção (DS). Desta forma, o ganho de seleção pode ser expresso por:

$$GS = DS \cdot h^2 \text{ e } GS (\%) = \frac{100 \cdot GS}{\bar{X}}$$

Alguns fatores podem afetar o ganho com a seleção. O diferencial e intensidade de seleção podem aumentar o ganho. No entanto, a seleção de poucos indivíduos leva à endogamia e, conseqüentemente, a perda de variabilidade. Populações estabelecidas com pequeno tamanho efetivo estão mais sujeitas a perdas de alelos favoráveis por deriva genética, o que reduz a média de caracteres quantitativos de importância econômica (FALCONER; MACKAY, 1996).

Outro fator é o controle parental, que define a similaridade entre a unidade de teste e a unidade melhorada e, conseqüentemente, altera os valores de covariância genética, bem como o ganho com a seleção (EBERHART, 1970). O coeficiente que expressa o controle parental (p) pode assumir valores iguais a meio, um e dois, de acordo com as situações: i) A unidade de seleção é igual à unidade de recombinação: $\frac{1}{2}$ se as unidades de recombinação foram polinizadas tanto por genótipos selecionados quanto pelos não selecionados. O coeficiente é 1 se as unidades de recombinação foram polinizadas somente por indivíduos selecionados. ii) A unidade de seleção é diferente da unidade de recombinação: 1 se as unidades de recombinação foram polinizadas tanto por genótipos selecionados quanto pelos não selecionados; e 2 se as unidades de recombinação foram polinizadas somente por indivíduos selecionados (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

A variância genética talvez seja o fator mais importante. A escolha de genitores divergente para formação de populações melhoradas garante tal variabilidade. Entretanto, estes genitores devem ser adaptados às condições de cultivo e apresentar desempenho satisfatório para os caracteres de interesse. Outra preocupação é a manutenção da variabilidade genética com repetidos ciclos de seleção. Com uma amostragem adequada, e com acasalamentos adequados, o tamanho efetivo pode não ser reduzido (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

Atrelada à variabilidade genética está a acurácia, outro fator que afeta os ganhos com a seleção. A acurácia é expressa pela herdabilidade, que é diretamente proporcional à variabilidade genética aditiva disponível na população e inversamente proporcional à variância fenotípica. A variância fenotípica será próxima da variância genética (herdabilidade próxima de 100 %) quando as variações ambientais forem mínimas. Verifica-se que a influência do componente ambiental sobre a herdabilidade e acurácia pode ser reduzida pela adoção de delineamentos estatísticos mais apropriados, com maior número de repetições e

ambientes possíveis, ou pela condução mais criteriosa do experimento (RESENDE, 2002).

2.5 Seleção visual

A seleção visual é o método mais antigo de seleção. Os primeiros agricultores reservavam sementes de plantas mais atraentes ou produtivas e, inconscientemente, aumentavam a frequência de alelos favoráveis (BORÉM; MIRANDA, 2013). No caso do milho, existem trabalhos que mostram que os índios praticavam a seleção visual de modo consciente e eficiente pela escolha de plantas com duas espigas para formar um novo plantio (WEATHERMAX, 1954). Percebe-se, portanto, que a seleção visual tem como base o julgamento com o olho, em outras palavras, este método de seleção fundamenta-se na experiência e sensibilidade do melhorista para escolher, por sua percepção visual, plantas que sejam superiores (VARGAS, 1996).

Embora tenha contribuído expressivamente para a agricultura, sua eficiência tem sido alvo de preocupação dos melhoristas e diversos trabalhos foram desenvolvidos a este respeito (CUTRIM; RAMALHO; CARVALHO, 1997). De modo geral, espera-se maior eficiência da seleção para características de alta herdabilidade. Briggs, Faris e Keller (1971) avaliaram sete características nas primeiras gerações segregantes de cevada e pelas variâncias e herdabilidade observaram que a seleção visual era efetiva apenas nos caracteres de maior herdabilidade.

Os avaliadores também afetam a eficiência da seleção visual. Cutrim, Ramalho e Carvalho (1997) utilizaram onze avaliadores, com diferenças na experiência, para verificar a eficiência da seleção visual na produção de grãos de arroz. Estes autores verificaram baixa eficiência dos avaliadores em selecionar de fato as plantas mais produtivas, isto porque a seleção para produção de grãos é

prejudicada em função dos selecionadores. Especialmente pelo fato de os mais experientes na cultura atentarem para outras características, como altura de planta, tipo de grãos e ocorrência de doenças, em detrimento da produtividade. Trabalhos como o de Cutrim, Ramalho e Carvalho (1997), com arroz; de Marques Júnior et al. (1997), com feijão e de Maia, Castro e Fernandes (2010), com milho, mostram que a experiência do avaliador com a cultura não é determinante na eficácia da seleção massal, e que não há a necessidade de grande número de avaliadores.

Uma alternativa no sentido de melhorar a eficiência da seleção visual foi utilizada por Boyce, Copp e Franke (1947) na cultura do trigo. Neste trabalho, foram utilizados três avaliadores que diferiram na habilidade de seleção. Embora isoladamente cada um apresentasse baixa eficiência, essa foi aumentada pela combinação das melhores seleções de cada avaliador.

Outro comentário importante com relação aos avaliadores foi feito por Kwon e Torrie (1964). Ao avaliarem a cultura da soja, estes autores observaram que os selecionadores foram eficientes em selecionar visualmente os extremos, quando as diferenças de produção entre as progênies foram grandes.

A comparação de populações não selecionadas com populações obtidas por seleção visual é uma ferramenta para avaliar a eficiência deste método de seleção. Há vários trabalhos em que esta metodologia foi utilizada, dos quais, podem-se destacar trabalhos favoráveis à seleção visual (BOYCE; COPP; FRANKE, 1947; KNOTT, 1972; QUALSET; VOLG, 1980) e trabalhos em que os resultados não diferiram significativamente (DE PAUW; SHEBESKI, 1973; DAHIYA et al., 1984; ERSKINE; ISAWI; MASOUD, 1990). Tem-se ainda a opção de selecionar plantas em uma geração e estudar seu efeito nas gerações seguintes. Knott (1994) selecionou para produção de trigo em F_3 e verificou que não houve efeito significativo nas gerações F_4 e F_5 .

Na literatura, há evidências que mostram que a seleção visual é melhor para o descarte frente à seleção. Com isto, é possível efetuar níveis de descarte

com baixo risco de perder genótipos superiores. Neste caso, a intensidade de seleção deve ser baixa (JENSEN, 1988). Os resultados da seleção visual para produtividade são controversos, mas, por outro lado, a seleção visual para caracteres agronômicos de natureza qualitativa ou quantitativa, mas com alta herdabilidade, é um excelente método para diminuir o tamanho da população em etapas iniciais de programas de melhoramento (ABREU; et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em duas etapas: 1) Avaliação da eficiência da seleção massal por notas de vigor da parte aérea da planta (visual) em relação à seleção massal com base na produção de biomassa verde (fenotípica), na média BLUP (Melhor Predição Linear não tendenciosa) e pelo acaso. 2) Avaliação, dentro de cada estratégia de seleção massal, da correspondência do desempenho das plantas selecionadas com base em informação sem repetição e na média de dois cortes, e seus clones, avaliados em ensaio com repetições e maior número de cortes.

3.1 Local

Os experimentos foram conduzidos no Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite localizado no município de Coronel Pacheco (MG). O município de Coronel Pacheco é situado na região da Zona da Mata Mineira a 414m de altitude. De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa, com médias anuais de 22,5°C de temperatura e 1.600mm de precipitação. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo álico (SANTOS et al., 2006).

3.2 Eficiência da seleção visual

A eficiência da seleção visual foi verificada pela coincidência das plantas selecionadas por essa estratégia de seleção em relação à três outras estratégias de seleção massal.

3.2.1 Genótipos avaliados, delineamento e condução do experimento

Para avaliar a eficiência da seleção visual foi instalado, em agosto de 2011, um experimento em blocos aumentados, com 51 blocos que variaram entre 28 a 72 genótipos dentro de cada bloco. Os tratamentos regulares constaram de 2.309 genótipos de *B. ruziziensis*, obtidos por sementes, resultantes do segundo ciclo de seleção recorrente intraespecífica do programa de melhoramento genético da Embrapa Gado de Leite. Os tratamentos comuns constaram de duas testemunhas: cultivar Marandu (*B. brizantha*) e cultivar Basilisk (*B. decumbens*). A parcela experimental foi constituída de uma planta, com espaçamento de um metro quadrado entre as parcelas.

No momento do plantio foi realizada uma adução de 350kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 (NPK) e ao longo do ano uma adubação em cobertura de uma tonelada por hectare da fórmula 20-05-20, dividida ao longo dos cortes realizados no período chuvoso. Foram realizadas capinas manuais quando necessário.

No início de dezembro de 2011 foi realizado um corte de uniformização e em 2012 foram realizados dois cortes de avaliação, sendo um em janeiro e outro em fevereiro, com intervalo de, aproximadamente, 40 dias.

3.2.2 Características avaliadas

Em cada corte foram mensuradas as seguintes características:

- a) Notas de vigor da parte aérea da planta: foram utilizados selecionadores que diferiam em experiência com a cultura. Pouco antes de cada corte, os selecionadores atribuíram as notas de vigor para cada genótipo, sendo que não foi utilizado um padrão de notas disponível na literatura. Com isso, cada avaliador atribuiu notas de acordo com as variações observadas na população alvo de seleção. As

notas variaram de 1 a 5 (1 – muito ruim; 2 – ruim; 3 – regular; 4 – bom; 5 – muito bom);

- b) Produção de biomassa verde (g): as plantas foram cortadas a cinco centímetros do solo e a aferição da biomassa verde foi feita imediatamente após o corte por meio de balança digital portátil.

3.2.3 Estratégias de seleção e eficiência da seleção visual

Foram utilizadas quatro estratégias de seleção massal: 1) seleção visual, pela nota de vigor; 2) seleção pela média fenotípica, com base na produção de biomassa verde 3) seleção com base na média BLUP e 4) seleção pelo acaso. Em cada estratégia foram selecionadas 100 plantas, o que correspondeu a uma intensidade de seleção de aproximadamente quatro por cento.

A seleção dentro de cada metodologia foi realizada com base na média dos dois cortes. Para a seleção visual foram envolvidos cinco selecionadores, sendo três com experiência com a cultura, os quais atribuíram notas para o vigor da parte aérea da planta. Para cada selecionador foi estimado o ganho com a seleção com base na produção de biomassa verde das cem plantas com maiores notas de vigor. A seleção visual foi representada pelas plantas escolhidas pelo selecionador que apresentou maior estimativa de ganhos. Na seleção massal fenotípica foram selecionadas as cem plantas com maior média de produção de biomassa verde. Para a seleção pelo acaso foi realizado o sorteio de cem plantas.

Para a seleção com base na média BLUP, primeiramente foram obtidas as previsões dos valores genotípicos das plantas em cada corte pela análise dos dados de produção de biomassa verde com base no seguinte modelo:

$$y_{ij} = \mu + p_i + b_j + e_{ij} \quad (1)$$

No qual: y_{ij} é a observação da parcela que recebeu o tratamento i no bloco j , μ é a média geral; p_i é o efeito do tratamento i , o qual pode ser decomposto em: t_i , que é o efeito fixo do tratamento comum ou testemunha, i ($i = 1$ e 2) e g_i , que é o efeito aleatório do tratamento regular i ($i = 1, 2, 3, \dots, 2.309$), sendo $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, σ_g^2 é a variância genética dos tratamentos regulares; b_j é o efeito aleatório do bloco j ($j = 1, 2, 3, \dots, 51$), sendo $b \sim N(0, \sigma_b^2)$, σ_b^2 é a variância entre blocos; e e_{ij} é o efeito aleatório dos erros ou resíduos associados ao tratamento i no bloco j , sendo $e \sim N(0, \sigma_e^2)$, σ_e^2 é a variância residual.

Para a análise conjunta dos cortes foi utilizado o seguinte modelo:

$$y_{ijk} = \mu + p_i + b_j + pb_{i(j)} + c_k + pc_{j(k)} + bc_{j(k)} + e_{ijk} \quad (2)$$

Onde: y_{ijk} é o valor observado do tratamento i , no bloco j e no corte k , μ é a média geral, p_i é o efeito do tratamento i , o qual pode ser decomposto em: t_i , que é o efeito fixo do tratamento comum i ($i = 1$ e 2) e g_i , que é o efeito aleatório do tratamento regular i ($i = 1, 2, 3, \dots, 2.309$), sendo $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, σ_g^2 é a variância genética dos tratamentos regulares; b_j é o efeito aleatório do bloco j ($j = 1, 2, 3, \dots, 51$), sendo $b \sim N(0, \sigma_b^2)$, σ_b^2 é a variância entre blocos; $pb_{i(j)}$ é o efeito da aleatório da interação entre o tratamento i e o bloco j (erro a), o qual pode ser decomposto em: $tb_{i(j)}$, que corresponde ao efeito aleatório da interação entre o tratamento comum, ou testemunha, i com o bloco j , sendo $tb \sim N(0, \sigma_{tb}^2)$, σ_{tb}^2 é a variância da interação entre tratamento comum i e o bloco j ; e $gb_{i(j)}$, que corresponde ao efeito aleatório da interação entre o tratamento regular i com o bloco j , sendo $gb \sim N(0, \sigma_{gb}^2)$, σ_{gb}^2 é a variância da interação entre tratamento regular i e o bloco j ; c_k é o efeito fixo do corte k ($k = 1$ e 2); $pc_{i(k)}$ é o efeito da interação entre tratamento i e o corte k , sendo que essa interação pode

ser decomposta em: $tc_{i(k)}$, que é o efeito fixo da interação entre o tratamento comum, ou testemunha, i e o corte k , e $gc_{i(k)}$, é o efeito aleatório da interação entre o tratamento regular i e o corte k ; em que $gc \sim N(0, \sigma_{gc}^2)$, σ_{gc}^2 é a variância da interação tratamento regular i e corte k ; $bc_{j(k)}$ é o efeito aleatório da interação entre o bloco j e o corte k (erro b), sendo que $bc \sim N(0, \sigma_{bc}^2)$, σ_{bc}^2 é a variância da interação entre bloco j e corte c ; e e_{ijk} é o efeito aleatório dos erros ou resíduos associados ao tratamento i , no bloco j e no corte k (erro c), sendo $e \sim N(0, \sigma_e^2)$, σ_e^2 é a variância residual.

A abordagem para análise dos dados foi a de modelos mistos (HENDERSON et al., 1959), na qual a estimação dos efeitos fixos (melhor estimador linear não tendencioso – BLUE) e aleatórios (melhor previsão linear não viciada – BLUP) foi realizada via resolução de sistema de equações de Henderson (1975). Os componentes de variância ($\hat{\sigma}_g^2, \hat{\sigma}_b^2, \hat{\sigma}_{ib}^2, \hat{\sigma}_{gb}^2, \hat{\sigma}_{gc}^2, \hat{\sigma}_{bc}^2$ e $\hat{\sigma}_e^2$) foram estimados pela metodologia da máxima verossimilhança residual ou restrita (REML) (PATTERSON; THOMPSON, 1971).

Estimaram-se os intervalos de confiança (IC) a 95% associados aos componentes de variância a partir da expressão descrita em Ramalho, Ferreira e Oliveira (2012):

$$IC(\hat{\sigma}^2) = P \left[\frac{v\hat{\sigma}_i^2}{\chi_{(v; 1-\alpha/2)}^2} < \hat{\sigma}_i^2 < \frac{v\hat{\sigma}_i^2}{\chi_{(v; \alpha/2)}^2} \right] = 1 - \alpha \quad (3)$$

Em que: α é o nível de significância pré-estabelecido, no caso $\alpha = 0,05$; v corresponde aos graus de liberdade associados ao componente σ_i^2 obtidos pela aproximação de Satterthwaite; $\chi_{(v; 1-\alpha/2)}^2$ e $\chi_{(v; \alpha/2)}^2$ são quantis da distribuição de qui-

quadrado χ^2 para ν graus de liberdade. Os graus de liberdade de liberdade associados ao componente σ_i^2 foram obtidos por meio do módulo PROC MIXED do software SAS 9.0 (LITTLEL et al., 1996; SAS INSTITUTE INC, 1999).

A acurácia seletiva foi estimada para cada caráter em cada corte pela equação (RESENDE, 2002):

$$r_{gg} = [1 - PEV_i / \hat{\sigma}_g^2]^{1/2} \quad (4)$$

Em que: PEV_i é a variância do erro de predição dos valores genotípicos e $\hat{\sigma}_g^2$ é a estimativa da variância genética do caráter.

Os ganhos estimados com a seleção (GS) para cada estratégia de seleção foram obtidos pela média das estimativas BLUP de cada planta selecionada. O intervalo de confiança do ganho estimado foi obtido pela equação (RESENDE, 2002):

$$GS \pm t \sqrt{\frac{1}{N} [(1 - r_{gg}^2) \hat{\sigma}_g^2]} \quad (5)$$

Em que: t é a estatística de Student que equivale a 1,96 para um intervalo construído com 95% de confiança; N é o número de genótipos selecionados e r_{gg}^2 é o quadrado da acurácia seletiva em cada estratégia de seleção.

As análises estatísticas pela abordagem de modelos mistos foram realizadas por meio do procedimento PROC MIXED do software SAS 9.0 (LITTLEL et al., 1996; SAS INSTITUTE INC, 1999).

Para medir a eficiência da seleção visual com cada uma das estratégias de seleção avaliadas foi utilizado o índice de coincidência de Hamblin e Zimmermann (1996):

$$ES = \frac{A - C}{B - C} \times 100 \quad (6)$$

Em que: A é o número de genótipos de cada selecionador que coincidiu com os de maior produção de biomassa verde, dentro da respectiva intensidade de seleção; B é o número de famílias selecionadas pela respectiva intensidade de seleção e C é o número de coincidências decorridas pelo acaso, sendo adotado, para cada intensidade de seleção, a porcentagem de plantas selecionadas, que variaram, aproximadamente, de 4% até 54%, com intervalos de 5%.

3.3 Correspondência no desempenho das plantas selecionadas individualmente e seus clones

Na etapa anterior foram selecionadas 100 plantas em cada estratégia de seleção massal: visual, pela média de produção de biomassa verde, pela média BLUP e pelo acaso. Houve coincidência de 63,5% das plantas selecionadas entre todas as estratégias de seleção. Por serem clones, optou-se por não repetir as plantas coincidentes nas diferentes estratégias de seleção, uma vez que haveria tratamentos repetidos (clones), mas com nomes diferentes, e com números variáveis dentro dos blocos e repetições do experimento. Dessa forma, o total de plantas selecionadas, com a exclusão das coincidentes, foi de 254. Essas plantas foram clonadas para a realização do teste clonal instalado em setembro de 2012.

3.3.1 Descrição e condução do teste clonal

O teste clonal consistiu dos 254 clones mais duas testemunhas, cultivares Marandu (*B. brizantha*) e Basilisk (*B. decumbens*). O delineamento experimental utilizado foi o látice triplo 16x16. As parcelas consistiram de uma planta, espaçadas em um metro quadrado. No dia 19 de novembro de 2012 houve um corte de uniformização. O primeiro corte de avaliação foi realizado 51 dias após o corte de uniformização, em 09 de janeiro de 2014. Os demais cortes ocorreram nos dias 05 de fevereiro, 27 de março e 06 de junho de 2014, o que totalizou um intervalo de corte de 27, 50 e 71 dias, respectivamente.

Foi aplicada, no momento do plantio, uma adução de 350 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 8-28-16. Além disso, no ano de avaliação, foi aplicada uma adubação em cobertura de uma tonelada por hectare da fórmula NPK 20-05-20, dividida ao longo dos cortes realizados no período chuvoso. Quando necessário foram realizadas capinas manuais.

3.4.2 Análise estatístico-genética dos dados

O látice não apresentou eficiência em qualquer avaliação, portanto, os dados de cada corte foram analisados de acordo com o seguinte modelo para blocos ao acaso:

$$y_{ij} = \mu + p_i + b_j + e_{ij} \quad (7)$$

Em que: y_{ij} é o valor observado do tratamento i no boco j , μ é média geral; p_i é o efeito do tratamento i , o qual pode ser decomposto em: t_i , que é o efeito fixo do tratamento comum, ou testemunha, i ($i = 1$ e 2) e g_i , que é o efeito aleatório do tratamento regular i ($i = 1, 2, 3, \dots, 254$), sendo que $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, σ_g^2 é a variância

genética entre os clones; b_j : é o efeito aleatório do bloco j ($j= 1, 2$ e 3), sendo que $b \sim N(0, \sigma_b^2)$, σ_b^2 é a variância entre os blocos, e e_{ij} é o efeito aleatório dos erros ou resíduos associados ao tratamento i no bloco j , sendo $e \sim N(0, \sigma_e^2)$, σ_e^2 é a variância residual.

O látice também não apresentou eficiência para a análise conjunta dos cortes. Dessa forma, os dados foram analisados como blocos ao acaso pelo seguinte modelo:

$$y_{ijkz} = \mu + p_i + b_j + c_k + pb_{ij} + bc_{jk} + pc_{ik} + e_{ijk} \quad (8)$$

Em que: y_{ijk} é o valor observado do tratamento i , no bloco j e no corte k ; μ é a média geral; p_i é o efeito do tratamento i , o qual pode ser decomposto em: t_i , que é o efeito fixo da testemunha i ($i = 1$ e 2) e g_i , que é o efeito aleatório do clone i ($i = 1, 2, 3, \dots, 254$), sendo que $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, σ_g^2 é a variância genética entre os clones; b_j é o efeito aleatório do bloco j ($j = 1, 2$ e 3), em que $b \sim N(0, \sigma_b^2)$, σ_b^2 é a variância entre os blocos; c_k : é o efeito fixo dos cortes k ($k = 1, 2, 3$ e 4); pb_{ij} é o efeito aleatório da interação entre o tratamento i e o bloco j (erro a), sendo que esse efeito pode ser decomposto em: tb_{ij} , que corresponde ao efeito aleatório da interação da testemunha i com o bloco j , sendo que $tb \sim N(0; \sigma_{tb}^2)$, σ_{tb}^2 é a variância da interação entre a testemunha i com o bloco j ; e gb_{ij} , que corresponde ao efeito aleatório da interação entre o clone i com o bloco j , sendo $gb \sim N(0, \sigma_{gb}^2)$, σ_{gb}^2 é a variância da interação entre o clone i com o bloco j ; bc_{jk} é o efeito da interação entre o bloco j com o corte k (erro b), em que $bc \sim N(0, \sigma_{bc}^2)$, σ_{bc}^2 é a variância da interação entre o bloco j com o corte k ; pc_{ik} é o efeito da interação entre o tratamento i e o corte k , sendo que essa interação pode ser decomposta em: tc_{ik} , que é o efeito fixo da interação entre a testemunha i e o corte k , e gc_{ik} , que é

o efeito aleatório da interação entre o clone i e o corte k ; sendo que $g_c \sim N(0, \sigma_{gc}^2)$, σ_{gc}^2 é a variância da interação entre o clone i e o corte k ; e_{ijk} é o efeito aleatório dos erros ou resíduos associados ao tratamento i , no bloco j e no corte k (erro c), sendo $e \sim N(0, \sigma_e^2)$, σ_e^2 é a variância residual.

A abordagem para análise dos dados e a estimação dos componentes de variância ($\hat{\sigma}_g^2, \hat{\sigma}_b^2, \hat{\sigma}_{tb}^2, \hat{\sigma}_{gb}^2, \hat{\sigma}_{bc}^2, \hat{\sigma}_{gc}^2$ e $\hat{\sigma}_e^2$), bem como a estimação dos intervalos de confiança IC (95%), foram semelhantes ao relatado no item 3.2.3.

O teste para comparação de médias dos clones obtidos por diferentes estratégias de seleção massal foi realizado entre os grupos de médias dos clones não coincidentes entre as estratégias. Como esses grupos não apresentam ortogonalidade na comparação, então, utilizou-se o teste de médias de Scheffé.

3.3.2 Correlação classificatória de Spearman

A correlação classificatória de Spearman foi aplicada para verificar a manutenção do ranque das plantas selecionadas por determinada estratégia de seleção na população original e na população formada por essa estratégia no teste clonal.

3.3.3 Herdabilidade realizada

Para cada estratégia de seleção foi estimada a herdabilidade realizada (h_r^2) de acordo com a equação:

$$h_r^2 = \frac{GS_m/\bar{x}_m}{GS_0/\bar{x}_0} \quad (9)$$

Em que: \bar{x}_m é a média dos clones no teste clonal, selecionados por determinado método de seleção, e \bar{x}_0 é a média da população original.

Os ganhos com a seleção foram obtidos pela média das estimativas BLUP de cada clone selecionado pela respectiva estratégia de seleção. O intervalo de confiança do ganho foi estimado pelo modo descrito no item 3.2.3.

4 RESULTADOS

4.1 Eficiência da seleção visual

Os coeficientes de variação experimental foram semelhantes nos dois cortes, com valor superior a 30% (Tabela 1). Em programas de melhoramento genético tem sido utilizada a acurácia seletiva como critério de avaliação da precisão experimental. Por esse parâmetro, a precisão experimental foi baixa apenas no segundo corte, de acordo com a classificação de Resende e Duarte (2007), sendo considerada moderada no primeiro corte e na análise conjunta dos cortes.

Os genótipos apresentaram variância genética significativamente diferente de zero para a produção de biomassa verde em todas as avaliações, uma vez que os limites inferiores dos intervalos de confiança (IC) foram sempre positivos (Tabela 1). É importante destacar que houve sobreposição dos intervalos de confiança das variâncias residuais dos cortes, assim, existe uma probabilidade de que as variâncias residuais estimadas sejam homogêneas para esse caráter.

A estimativa da variância da interação genótipos x cortes também diferiu de zero pelo intervalo de confiança (Tabela 1). Observa-se que a interação foi de grande magnitude, uma vez que correspondeu a 61% da variância genética entre famílias. Dessa forma, o desempenho de alguns genótipos não foi consistente nos cortes avaliados.

Pela classificação de Resende (2002), a herdabilidade foi de baixa magnitude em qualquer avaliação. Esse resultado era esperado em decorrência das baixas magnitudes da acurácia seletiva.

A produção média de biomassa verde de genótipos de *B. ruziziensis* foi de 1,105kg (Tabela 1). Nos dois cortes, essa produção superou as testemunhas,

que são as cultivares mais utilizadas no país atualmente: cultivar Marandu (*B. brizantha*) e cultivar Basilisk (*B. decumbens*).

Tabela 1 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para a produção de biomassa verde de genótipos de *Brachiaria ruziziensis* avaliados em dois cortes, Coronel Pacheco-MG, 2012

AVALIAÇÃO	PARÂMETRO	BIOMASSA VERDE	IC (95%)	
			LI	LS
Corte 1	$\hat{\sigma}_g^2$	139.431	100.283	207.102
	$\hat{\sigma}_e^2$	160.102	122.154	362.964
	h^2	0,3453	-	-
	r_{gg}	0,6605	-	-
	\bar{x}_T (g)	725b	-	-
	\bar{x}_G (g)	1.227a	-	-
	CV (%)	33,30	-	-
Corte 2	$\hat{\sigma}_g^2$	37.842	18.480	116.469
	$\hat{\sigma}_e^2$	111.950	85.879	152.067
	h^2	0,1563	-	-
	r_{gg}	0,4878	-	-
	\bar{x}_T (g)	724b	-	-
	\bar{x}_G (g)	988a	-	-
	CV (%)	35,35	-	-

“Tabela 1, conclusão”

AVALIAÇÃO	PARÂMETRO	BIOMASSA VERDE	IC (95%)	
			LI	LS
Conjunta	$\hat{\sigma}_g^2$	54.779	32.069	114.186
	$\hat{\sigma}_{gc}^2$	33.485	20.251	65.745
	$\hat{\sigma}_e^2$	65.083	50.037	88.145
	h^2	0,3116	-	-
	r_{gg}	0,5423	-	-
	\bar{x}_T (g)	723b	-	-
	\bar{x}_G (g)	1.105a	-	-

$\hat{\sigma}_g^2$: variância genética entre os genótipos de *Brachiaria ruziziensis*. $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual. $\hat{\sigma}_{gc}^2$: variância da interação genótipo x corte. h^2 : herdabilidade na média da parcela. r_{gg} : acurácia seletiva. \bar{x}_T : média de produção de biomassa verde das testemunhas: Marandu (*B. brizantha*) e Basilisk (*B. decumbens*). \bar{x}_G : média de produção de biomassa verde de genótipos de *B. ruziziensis*. CV: coeficiente de variação experimental.

A eficiência da seleção visual foi estimada pelo número de coincidências entre as plantas com maiores médias de notas de vigor e as demais estratégias de seleção massal. Na eficiência em relação à seleção pela média da produção de biomassa verde verificou-se que para fortes intensidades de seleção, como, por exemplo, a de, aproximadamente, quatro por cento, a eficiência da seleção visual foi moderada, isso se considerar que o porcentual de plantas selecionadas foi muito baixo. Quando a intensidade de seleção foi menor houve uma tendência para maior eficiência da seleção. Com intensidades de seleção mais brandas, a partir de 30%, a coincidência entre as plantas selecionadas pelas notas de vigor e as de maior média fenotípica foi superior a 80% (Tabela 2).

A seleção visual foi, em geral, de menor eficiência em relação à seleção pelas médias BLUP (Tabela 2). A seleção pela média fenotípica também apresentou diferença em relação à seleção pela média BLUP, mesmo em menores

intensidades de seleção. Com isso houve um ajustamento do ranque dos genótipos de maior produção de biomassa verde pela média BLUP.

As coincidências pela seleção ao acaso foram baixas, especialmente para a intensidade de seleção de aproximadamente quatro por cento: quatro plantas em cem, para a seleção pela média de produção de biomassa verde e visual, e uma planta pela média BLUP, o que resultou em uma eficiência de 1% para as duas primeiras e nenhuma em relação ao BLUP.

Tabela 2 Índice de coincidência (%), em diferentes intensidades de seleção, entre plantas selecionadas por notas de vigor da parte área da planta (visual), pela média da produção de biomassa verde (fenotípica) de *B. ruziziensis*, pela média BLUP e ao acaso, Coronel Pacheco-MG, 2012

% SELECIONADOS	VISUAL	VISUAL	VISUAL	FENOTÍPICA	FENOTÍPICA	BLUP
	VS FENOTÍPICA	VS BLUP	VS ACASO	VS BLUP	VS ACASO	VS ACASO
4	59	49	1	69	1	0
9	57	41	5	69	3	6
14	70	54	14	69	11	12
19	75	57	17	72	17	16
24	71	61	21	73	22	20
29	76	66	25	75	25	23
34	85	69	29	78	29	28
39	85	70	32	77	33	33
44	82	71	37	79	36	36
49	87	74	41	82	40	40
54	93	77	45	82	45	45

Os ganhos estimados pelas plantas selecionadas dentro de cada estratégia de seleção ficaram em conformidade com as coincidências entre as estratégias de seleção: maior ganho estimado pela média BLUP, seguida da fenotípica, visual e ao acaso (Tabela 3). Contudo, pelos intervalos de confiança dos ganhos estimados verifica-se que a seleção pela média BLUP, médias de produção de biomassa verde e pelas notas visuais resultam em ganhos estatisticamente iguais. Essa similaridade é melhor observada pela média esperada da próxima geração com as plantas selecionadas. Pelo intervalo de confiança da estimativa de ganho pela seleção ao acaso existe uma probabilidade de que os ganhos esperados sejam nulos, o que condiz com o objetivo de utilizar essa estratégia, que foi verificar o que aconteceria se não fosse praticada seleção.

Tabela 3 Estimativa de ganhos (GS em g e %) e média esperada na população melhorada (\bar{x}_m) com a seleção de cem plantas de *B. ruziziensis* pelas médias BLUP, de produção de biomassa verde, notas visuais e seleção de plantas ao acaso, Coronel Pacheco-MG, 2012

	BLUP	BIOMASSA VERDE	NOTAS VISUAIS	ACASO
GS (g)	304 ± 38	281 ± 38	233 ± 38	21 ± 38
GS (%)	27,51	25,43	21,11	1,90
\bar{X}_m (g)	1409	1386	1338	1126

4.2 Desempenho de clones obtidos por diferentes estratégias de seleção

Com exceção do primeiro corte, os coeficientes de variação experimental no teste clonal foram semelhantes aos do experimento em blocos aumentados realizados na etapa anterior. Contudo, a acurácia seletiva foi superior no teste

clonal, ou seja, os genótipos selecionados foram avaliados com maior precisão, em razão do delineamento experimental com repetição. A acurácia seletiva foi classificada como alta pelo critério de Resende e Duarte (2007) na maioria dos casos (Tabela 5).

Pelos intervalos de confiança, com limites inferiores positivos e pequenas amplitudes em relação à estimativa pontual da variância, houve interação genótipos x cortes. Embora a proporção dessa estimativa em relação às de variância genética entre os clones tenha sido menor em relação à etapa anterior (34%), essa interação pode ainda ser considerada de ampla magnitude. Assim, nas duas etapas, os genótipos apresentaram desempenho diferenciado entre os cortes.

Com o melhor controle ambiental proporcionado pelo delineamento experimental, as estimativas de herdabilidade foram superiores em relação à etapa anterior. A herdabilidade da produção de biomassa verde foi considerada moderada, pela classificação de Resende (2002), em três dos quatro cortes e na análise conjunta dos dados (Tabela 5). Observa-se que as estimativas de herdabilidade entre os cortes foram de magnitude semelhante, o que reflete ausência de heterogeneidade de variância residual.

Com exceção do quarto corte, a média dos clones de *B. ruziziensis* apresentou produções de biomassa verde estatisticamente iguais em relação às testemunhas, compostas pelas cultivares de maior área cultivada atualmente, Marandu e Basilisk (Tabela 5). O quarto corte foi realizado no período seco, dessa forma, a menor média dos clones em relação às testemunhas pode ter ocorrido pela maior tolerância das mesmas a esse período.

Tabela 4 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para o caráter produção de biomassa verde de clones de *Brachiaria ruziziensis* avaliados em quatro cortes, Coronel Pacheco-MG, 2013 e 2014

AVALIAÇÃO	PARÂMETRO	BIOMASSA VERDE	IC (95%)	
			LI	LS
Corte 1	$\hat{\sigma}_g^2$	168.532	117.542	261.896
	$\hat{\sigma}_e^2$	537.962	475.843	613.160
	h^2	0,4845	-	-
	$r_{\hat{g}g}$	0,6855	-	-
	\bar{x}_T (g)	1.425a	-	-
	\bar{x}_G (g)	1.685a	-	-
	CV (%)	43,23	-	-
Corte 2	$\hat{\sigma}_g^2$	45.404	32.474	67.987
	$\hat{\sigma}_e^2$	120.691	106.491	137.949
	h^2	0,5302	-	-
	$r_{\hat{g}g}$	0,7106	-	-
	\bar{x}_T (g)	1.107a	-	-
	\bar{x}_G (g)	1.120a	-	-
	CV (%)	30,91	-	-
Corte 3	$\hat{\sigma}_g^2$	133.166	96.605	195.370
	$\hat{\sigma}_e^2$	316.486	279.103	361.959
	h^2	0,5580	-	-
	$r_{\hat{g}g}$	0,7284	-	-
	\bar{x}_T (g)	1.708a	-	-
	\bar{x}_G (g)	1.750a	-	-
	CV (%)	32,88	-	-

“Tabela 4, conclusão”

AVALIAÇÃO	PARÂMETRO	BIOMASSA VERDE	IC (95%)	
			LI	LS
Corte 4	$\hat{\sigma}_{g}^2$	55.324	39.348	83.517
	$\hat{\sigma}_{e}^2$	158.719	140.246	181.119
	h^2	0,5112	-	-
	r_{gg}	0,6992	-	-
	\bar{x}_T (g)	1.817a	-	-
	\bar{x}_G (g)	1.119b	-	-
	CV (%)	35,38	-	-
Conjunta	$\hat{\sigma}_{g}^2$	77.012	58.659	105.609
	σ_{gc}^2	26.289	17.175	45.238
	$\hat{\sigma}_{e}^2$	232.179	215.721	250.605
	h^2	0,6291	-	-
	r_{gg}	0,7872	-	-
	\bar{x}_T (g)	1.525a	-	-
	\bar{x}_G (g)	1.396a	-	-

$\hat{\sigma}_{g}^2$: variância genética entre os genótipos de *Brachiaria ruziziensis*. $\hat{\sigma}_{e}^2$: variância residual. $\hat{\sigma}_{gc}^2$: variância da interação genótipo x corte. h^2 : herdabilidade na média da parcela. r_{gg} : acurácia seletiva. \bar{x}_T : média de produção de biomassa verde das testemunhas: Marandu (*B. brizantha*) e Basilisk (*B. decumbens*). \bar{x}_G : média de produção de biomassa verde de *B. ruziziensis*. CV: coeficiente de variação experimental.

O maior valor absoluto de herdabilidade realizada foi obtido pela estratégia de seleção pela média BLUP, seguida pela seleção visual (Tabela 6). Essas estimativas evidenciam certo ganho com a seleção, exceto pela seleção ao acaso. Apesar disso, os clones obtidos pelas diferentes estratégias de seleção massal apresentaram médias estatisticamente iguais pelo teste de Scheffé ($P < 0,05$).

A correlação classificatória de Spearman entre o ranque das plantas selecionadas e seus respectivos clones foi baixa para todas as estratégias de seleção (Tabela 5). Com isso, as plantas individuais de maiores médias dentro de cada estratégia de seleção não apresentaram o mesmo desempenho quando avaliadas com repetição. A menor correlação na classificação foi observada na seleção pela média BLUP, as demais estratégias de seleção foram semelhantes quanto a esse parâmetro.

Tabela 5 Estimativa de ganho com a seleção (g e %) e herdabilidade realizada pela seleção de plantas de *Brachiaria ruziziensis* com base nas médias BLUP, de produção de biomassa verde, pela seleção visual e ao acaso; correlação de Spearman (r_s) entre a performance de plantas selecionadas e de seus respectivos clones e média de clones selecionados por diferentes estratégias de seleção. Coronel Pacheco, MG. 2012, 2013 e 2014

	BLUP	BIOMASSA VERDE	VISUAL	ACASO
Ganho (g)	63 ± 33	44 ± 33	48 ± 33	-53 ± 32
Ganho (%)	4,48	3,11	3,38	-3,73
Herdabilidade	0,1586	0,1187	0,1558	0
r_s	0,07	0,21	0,21	0,19
Média (g)	1.494 ^{ns}	1.469 ^{ns}	1.476 ^{ns}	1.328 ^{ns}

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Scheffé.

5 DISCUSSÃO

5.1 Eficiência da seleção visual

Em melhoramento vegetal, a precisão experimental é de grande importância em decorrência do objetivo principal que é a seleção acurada de genótipos (RESENDE; DUARTE, 2007). Estimativas de CV de outros experimentos com a espécie evidenciam a baixa precisão experimental desse estudo. Dias et al. (2013) obtiveram um CV de no máximo 15% para a produção de biomassa seca de *B. ruziziensis* na condição de campo, resultado similar ao obtido por Souza (2010) para produção de biomassa verde (14,94%) e seca (14,70%), também em condição de campo. Vale ressaltar que os referidos estudos foram conduzidos em blocos ao acaso com repetições e parcelas com oito e seis plantas por metro linear, respectivamente, o que dificulta a comparação.

A baixa precisão experimental verificada pode ser decorrente do delineamento experimental, pois, experimentos em blocos aumentados são de menor precisão (SOUZA et al., 2003) por causa dos elevados erros padrão das médias dos tratamentos não repetidos (BEARZOTI; PINTO; OLIVEIRA, 1997). Além disso, o tamanho da parcela também pode ter contribuído para as elevadas estimativas de CV experimental.

No caso de avaliação de progênes de meios-irmãos de *B. ruziziensis*, as parcelas devem ser constituídas de, no mínimo, seis plantas por metro linear para que a precisão experimental seja adequada para avaliação de progênes dessa espécie (DIAS et al., 2013). Vale ressaltar que nessa etapa do estudo, os tratamentos regulares constaram de genótipos, obtidos por sementes, oriundos do segundo ciclo de seleção recorrente intrapopulacional do programa de melhoramento dessa espécie, conduzido pela Embrapa Gado de Leite. Dessa forma, os genótipos podem ser comparados com populações de meios-irmãos.

Price e Casler (2014), em trabalho com *Panicum virgatum*, observaram que houve diferença na classificação dos genótipos se avaliados em plantas espaçadas, com uma planta por parcela ou parcelas em linhas, assim, esses autores destacaram que os genótipos devem ser avaliados em linhas, pois houve maior precisão na seleção nessa condição. Silva Filho (2013), em estudos de simulação com feijão, destacou que o uso de uma observação por progênie, como no caso de blocos aumentados, é viável em estágios iniciais dos programas de melhoramento, mas isso não implica que a mesma deva ser representada por uma única planta, uma vez que parcelas de maior tamanho apresentam melhor controle do erro experimental.

Por definição, a acurácia é a correlação entre o verdadeiro valor genético do indivíduo e o índice fenotípico utilizado na sua estimação (FALCONER; MACKAY, 1996). Dessa forma, nas avaliações genéticas, a acurácia é estimada para predizer o sucesso com a seleção, já que os ganhos genéticos são proporcionais à acurácia, e quanto maior a acurácia, maior a precisão na seleção (RESENDE, 2002). Portanto, a seleção com base na análise conjunta pode resultar em ganhos expressivos com razoável precisão na seleção de genótipos com real potencial genético para a produção de biomassa verde.

A perspectiva positiva na obtenção de ganhos com a seleção é evidenciada também pela presença de variabilidade genética na população, que é a base para o trabalho do melhorista (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006). A proporção dessa variação genética em relação à variação fenotípica diz respeito à hereditariedade do caráter em avaliação (FALCONER; MACKAY, 1996). Nesse caso, as baixas estimativas de herdabilidade observadas mostram forte influência ambiental na expressão da produção de biomassa verde, mas essas estimativas associadas às acurácias seletivas moderadas, permitem a obtenção de progresso genético ao longo de ciclos de seleção.

Nesse estudo, com elevada variância genética, associada a uma média superior às das testemunhas que são as cultivares mais utilizadas no país, a população avaliada se mostrou de grande potencial para obtenção de cultivares de forragem de *B. ruziziensis* competitivas no mercado. Essa espécie tem sido considerada de baixa produtividade de forragem frente às *B. brizantha* e *B. decumbens* (ALVIM; BOTREL; NOVELLY, 1986; SOUZA, 2007), mas outros estudos também evidenciam genótipos de *B. ruziziensis* tão produtivos, e até mesmo superiores, quanto essas outras espécies (SOUZA SOBRINHO et al., 2011).

O melhoramento genético de *B. ruziziensis* tem sido realizado pela Embrapa Gado de Leite (JANK et al., 2014). O programa de melhoramento dessa espécie encontra-se em etapas iniciais, nas quais grande número de genótipos é avaliado, o que eleva os custos das avaliações. A seleção com base em um caráter de mais fácil mensuração, como notas de vigor para a produção de biomassa, pode reduzir esses custos e tornar os programas mais dinâmicos. O problema da avaliação por notas é que ela depende do julgamento visual do avaliador, sendo que a habilidade do selecionador em identificar visualmente, por meio do fenótipo, os indivíduos com genótipo superior tem sido alvo de questionamentos (CUTRIM; RAMALHO; CARVALHO, 1997).

A seleção visual pode ser considerada eficiente mesmo em fortes intensidades de seleção, resultado contrário aos observados em outras culturas, como milho (ABREU et al., 2010), arroz (CUTRIM et al., 1997) e feijão (SILVA et al., 1994), em que a seleção visual, em geral, apresentou coincidência muito baixa. Nos estudos citados, as coincidências foram de no máximo 31%. Deve-se destacar que nesses estudos a seleção visual foi praticada no campo, escolhendo-se as plantas de melhor fenótipo e não pela atribuição de notas para todas as plantas e posterior seleção pelas notas.

Possivelmente, a seleção realizada com base em notas atribuídas para todas as plantas no campo ajuda a incrementar a eficiência da seleção visual. Vargas (1996) atribui notas que variaram de um a cinco para plantas quanto à produção de grãos de milho, e encontrou eficiência média semelhante à aqui observada (45,03%). Em estudos com milho (ORDÁS et al., 2012) e cevada (ATKINS, 1964), a seleção visual foi efetiva em gerar ganhos em ciclos de seleção quando realizada por meio de escalas de notas.

É consenso que a seleção visual é mais eficiente para descarte, e nesse caso, independe da experiência do selecionador. Atkins (1964) verificou que a seleção visual foi efetiva para identificar plantas de cevada de menor produção. Cutrim, Ramalho e Carvalho (1997) recomendam utilizar a seleção visual para fim de descarte de genótipo nitidamente inferiores. Isto posto, a seleção visual deve ser utilizada preferencialmente em ciclos iniciais de seleção, onde há maior variabilidade, o que permite distinguir melhor as plantas dentro de uma população (DAHIYA et al., 1984).

O fenótipo é resultante do genótipo e do ambiente, portanto, na seleção com base na média fenotípica existem erros associados às variações ambientais. O BLUP é um estimador de feitos aleatórios que contém apenas os desvios genotípicos associados aos tratamentos, assim, essa inferência estatística estima o mérito genético de um indivíduo (ROBINSON, 1991). De acordo com Resende (2002), a seleção com base na média BLUP resulta nos melhores ganhos genéticos possíveis e, na pior das hipóteses, são iguais aos de outras metodologias de seleção.

A diferença observada entre as plantas selecionadas com base na média fenotípica e pela média BLUP era esperada, uma vez que a abordagem de modelos mistos empregada, com os efeitos de tratamentos considerados aleatórios, altera a classificação dos genótipos na condição de desbalanceamento em relação a uma abordagem analítica fixa, como a média fenotípica (DUARTE; VENCOVSKY,

2001). Essa alteração na classificação foi ainda mais previsível pelo delineamento em blocos aumentados, que são desbalanceados e não ortogonais na sua construção (FEDERER, 1956), sendo isso somado ao desbalanceamento não planejado decorrente da perda de parcelas.

5.2 Desempenho de clones obtidos por diferentes estratégias de seleção

Em comparações entre as precisões de delineamentos experimentais, em geral, as estimativas dos coeficientes de variação residual são maiores em blocos aumentados, mas semelhantes em relação ao látice (PETERNELLI et al., 2009; AGUIAR; RAMALHO; SOUZA, 2000). Entretanto, não são raras as observações de menor CV em blocos aumentados (SOUZA et al., 2003; BEARZOTI, 1997). Deve-se destacar que, no caso de blocos aumentados, a variação residual é estimada pelos tratamentos repetidos, ou comuns, e extrapolada para os regulares, sem repetição (FEDERER, 1956). Portanto, um CV menor em blocos aumentados não significa maior vantagem desse delineamento, uma vez que esse CV pode não representar a variação dos tratamentos não repetidos, ainda mais no presente estudo em que os tratamentos comuns são clones de espécies forrageiras diferentes.

Se a precisão experimental, e conseqüente precisão na seleção de genótipos, for analisada pela acurácia seletiva, espera-se maior precisão em experimentos nos quais todos os genótipos são repetidos. A acurácia seletiva pode ser estimada pela variância do erro de predição dos valores genéticos (PEV) dos genótipos avaliados (RESENDE, 2002). Em delineamentos em que todos os genótipos avaliados possuem repetição, os erros padrão dos valores genéticos são menores, o que resulta em menor PEV e maior acurácia. Assim, como a acurácia seletiva considera a variação genotípica, seu uso como indicação da precisão experimental é mais coerente na área de melhoramento.

Já era esperado que a herdabilidade no teste clonal, delineado em látice, fosse maior que a estimada em blocos aumentados devido à diferença da estimativa de parâmetro em cada experimento. Em blocos aumentados, como os genótipos não possuem repetição, a variância fenotípica é maior, por não haver ponderação pelo número de repetições (BEARZOTI et al., 1997). As estimativas foram moderadas e em concordância com a literatura. Souza Sobrinho et al. (2010) estimaram um coeficiente de repetibilidade de 0,5 com base em sete cortes para a biomassa verde, sendo que a repetibilidade correspondente ao máximo valor que herdabilidade no sentido amplo pode assumir (FALCONER; MACKAY, 1996). Em híbridos de *B. ruziziensis* e as espécies *B. brizantha* e *B. decumbens*, as estimativas de herdabilidade oscilaram entre 0,37 e 0,52 (RESENDE et al., 2007). A produção de biomassa possui estimativas moderadas ou elevadas de herdabilidade em outras espécies do gênero: 0,69 para biomassa seca de *B. decumbens* (FIGUEIREDO; NUNES; VALLE, 2012) e entre 0,64 a 0,73, para seis avaliações, em *B. brizantha* (BASSO et al., 2009).

As herdabilidades realizadas foram baixas e inferiores em relação às estimadas nas duas etapas de condução desse estudo. Uma provável explicação para esse resultado é a forte interação genótipos x anos de condução entre os experimentos, uma vez que na presença de interação há alterações dos resultados das avaliações realizadas em ambientes distintos (FALCONER; MACKAY, 1996). Além disso, a avaliação no teste clonal, com repetição, das plantas selecionadas na etapa anterior, com base na produção de biomassa verde de uma única planta, pode ter reduzido o efeito do ambiente e evidenciado uma produção menor, porém, mais próxima do potencial genotípico das plantas selecionadas, o que também deve ter contribuído para a baixa herdabilidade realizada.

As baixas correlações classificatórias evidenciam a forte ação da interação genótipos por anos, já que esse fenômeno é responsável pelas mudanças nas posições relativas dos genótipos, ou mesmo, na magnitude das suas diferenças

(NUNES et al., 2002). Reis et al. (2011) também verificaram baixa correspondência entre o desempenho de plantas selecionadas e seus respectivos clones em razão da forte interação genótipos por ambientes.

Os ganhos estimados também refletem alteração nos resultados esperados em razão da forte interação genótipos x ambientes. A seleção pela média fenotípica apresentou maior estimativa absoluta de ganho em relação à seleção visual, mas o que foi observado é que os clones obtidos pela seleção visual apresentaram maior herdabilidade realizada e, portanto, maior ganho, o que pode ser observado pela maior média dos clones obtidos por essa estratégia.

Estudos como os de Freitas et al. (2013), com milho; Resende, Casler e Resende (2013), com forrageiras; Rosado et al. (2009), com eucalipto e Borges et al. (2010), com batata-doce, têm demonstrado a eficiência e a superioridade da metodologia BLUP em classificar os genótipos de maior valor genético e prever maiores estimativas de ganhos com a seleção. As estimativas das médias das populações melhoradas correspondem às previsões feitas pelo BLUP (BORGES et al., 2010), o que foi coerente com ganhos obtidos com cada estratégia de seleção, em que as médias observadas ficaram próximas das esperadas.

Apesar da menor coincidência em relação à seleção pelas médias BLUP e fenotípicas, a seleção visual apresenta desempenho equivalente a essas metodologias em obter ganhos. Isso pode ser observado pelos ganhos estimados estatisticamente de mesma magnitude, pela herdabilidade realizada e pelas médias dos clones obtidos por essa estratégia de seleção. Esses resultados são favoráveis aos programas de melhoramento dessa espécie, uma vez que a seleção visual é uma metodologia barata, rápida e de fácil realização para avaliação e seleção de genótipos quanto à produtividade de biomassa. Em forrageiras, a seleção visual tem sido realizada por meio de notas atribuídas à produção de biomassa verde, e os ganhos têm sido elevados em cada ciclo de seleção (CASLER; VOGEL, 2014; CASLER, 2010; BURTON, 1982; BURTON, 1974).

Frey (1962) destaca que a seleção visual é um índice para a seleção de múltiplos caracteres processado mentalmente pelos melhoristas. De fato, caracteres mensurados subjetivamente, como a atribuições de notas, têm sido de grande utilidade no melhoramento em decorrência da elevada correlação com caracteres de maior importância (ORDÁS et al., 2012). Riday (2009) verificou forte correlação entre escores visuais e biomassa verde de *Trifolium pratensis*, sendo que esses escores explicaram mais de 90% da variação no peso da biomassa verde.

6 CONCLUSÕES

A classificação das plantas pela seleção visual possui boa coincidência mesmo em fortes intensidades de seleção. Portanto, a seleção visual pode ser uma ferramenta útil em etapas iniciais de programas de melhoramento, nas quais o número de genótipos é elevado e procura-se não aplicar fortes intensidades de seleção.

O efeito ambiental presente na produção de biomassa verde de poucos cortes de avaliação e em parcelas com apenas uma planta pode ser responsável por uma baixa correspondência entre o desempenho das plantas selecionadas e seus clones, quando avaliados em ensaio com repetições e maior número de cortes.

REFERÊNCIAS

- ABREU, G. B. et al. Strategies to improve mass selection in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 55, n. 4, p. 219-225, 2010.
- AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, E. A. de. Comparação entre látice e blocos aumentados na avaliação de famílias segregantes em um programa de melhoramento do feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 857-860, out./dez. 2000.
- AGUIRRE, L. M. et al. Characterization of resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 1871-1877, Aug. 2013.
- ALVES, E. R. **Aspectos da reprodução em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2000. 94 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2000.
- ALVES, E. R.; CARNEIRO, V.; ARAÚJO, A. Direct evidence of pseudogamy in an apomitic *Brachiaria brizantha* (Poaceae). **Sexual Plant Reproduction**, Berlin, v. 14, n. 4, p. 207-212, Dec. 2001.
- ALVES, G. F. et al. Breeding strategies for *Brachiaria* spp. to improve productivity – an ongoing project. **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, Cali, v. 2, n. 1, p. 1-3, Mar. 2014.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. de A.; NOVELLY, P. E. Produção de gramíneas tropicais e temperadas, irrigadas na época seca. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 15, n. 5, p. 384-392, out./nov.1986.
- ARAÚJO, A. C. G. et al. **Identificação de acessos de *Brachiaria* com interesse ao estudo da apomixia facultativa**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 24p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 74).

ARAÚJO, A. C. et al. Female gametophyte development in apomitic and sexual *Brachiaria brizantha* (Poaceae). **Revue de Cytologie et de Biologie Vegetables – Le Botaniste**, Paris, v. 23, p. 13-28, 2000.

ASKER, S. E.; JERLING, L. **Apomixis in plants**. Boca Raton: CRC, 1992. 320 p.

ATKINS, R. E. Visual selection for grain yield in barley. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 494-497, Sept. 1964.

AUAD, A. M. et al. *Collaria oleosa* (Hemiptera: Miridae) on *Brachiaria ruziziensis* and *Penisetum purpureum* (Poaceae): characterization of injury and biological aspects. **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 37, n. 2, p. 80-81, July/Dec. 2011.

BASSO, K. et al. Avaliação de acessos de *Brachiaria brizantha* Stapf e estimativas de parâmetros genéticos para caracteres agronômicos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 17-22, fev. 2009.

BARBOSA, R. A. BRS Tupi: a nova humidicola com DNA Embrapa. **JC Maschietto**, Penápolis, v. 10, n. 10, p. 18-19, jun. 2012.

BARONI, C. E. S. et al. Desempenho de novilhos suplementados e terminados em pasto, na seca, e avaliação do pasto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p. 175-182, jan. 2010.

BEARZOTI, E.; PINTO, C. A. B. P.; OLIVEIRA, M. S. de. Comparação entre métodos estatísticos na avaliação de clones em um programa de melhoramento de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 9, p. 887-884, set. 1997.

BERTINE, C. H. C. de M. et al. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 613-619, out./dez. 2010.

BITENCOURT, G. de A. et al. Aluminum tolerance on genotypes of signal grass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 40, n. 2, p. 245-250, Feb. 2011.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 523 p.

BORGES, V. et al. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, Oct./Dec. 2010.

BOWMAN, D. T. et al. Visual selection for yield in cotton breeding programs. **The Journal of Cotton Science**, Baton Rouge, v. 8, n. 2, p. 62-68, Aug. 2004.

BOYCE, S. W.; COPP, I. G. I.; FRANKE, O. H. The effectiveness of selection for yield in wheat. **Heredity**, Edinburg, v. 1, n. 5, p. 223-233, 1947.

BREWBAKER, J. L. **Genética na agricultura**. São Paulo: Polígono, 1969. 217 p.

BRIGGS, K. G.; FARIS, D. G.; KELKER, H. A. Effectiveness of selection for plant characters of barley in simulated segregating rows. **Euphytica**, Wageningen, v. 20, n. 3, p. 453-463, Feb. 1971.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

BURTON, G. W. Improved recurrent restricted phenotypic selection increases bahiagrass forage yields. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 5, p. 1058-1061, Sept./Oct. 1982.

BURTON, G. W. Recurrent restricted phenotypic selection increases forage yields of pensacola bahiagrass. **Crop Science**, Madison, v. 14, n. 6, p. 831-835, Nov./Dec. 1974.

CARDONA, C. et al. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Bracharia* spp.: implications for breeding for resistance. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 17, n. 2, p. 635-645, Apr. 2004.

CARVALHO F. I. F. et al. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel, 2001. 1 v. 99 p.

CASLER, M. D. Changes in mean and genetic variance during two cycles of within-family selection in switchgrass. **BioEnergy Research**, Madison, v.3, n. 1, p. 47-54, Mar. 2010.

CASLER, M. D.; VOGEL, K. P. Selection for biomass yield in upland, lowland, and hybrid switchgrass. **Crop Science**, Madison, v. 54, n. 2, p. 626-636, Mar./Apr. 2014.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. v. 2. 668 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. v. 1. 514 p.

CUTRIM, V. dos A.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, A. M. Eficiência da seleção visual na produtividade de arroz (*Oryza sativa* L) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 601-606, jun. 1997.

DARLINGTON, C. D. **The evolution of genetic systems**. Cambridge: Cambridge University, 1939. 149p.

DARLINGTON, C. D.; WYLIE, A. P. **Chromosome atlas of flowering plants**. London: Allen & Unwin, 1955. 519 p.

DAHIYA, B.S. et al. Early generation yield testing versus visual selection in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Ludhiana, v. 68, n. 6, p. 525-529, May./Oct. 1984.

DePAUW, R. M.; SHEBESKI, L. H. An evaluation of an early generation yield testing procedure in *Triticum aestivum*. **Canadian Journal of Plant Science**, Monitoba, v. 53, n. 4, p. 465-470, July 1973.

DIAS, K. O. das G. et al. Tamanho de parcela e efeito de bordadura no melhoramento de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1426-1431, nov. 2013.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. Estimação e predição por modelo linear misto com ênfase na ordenação de médias de tratamentos genéticos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 109-117, jan./mar. 2001.

DUARTE, M. de L. R. et al. Etiologia da podridão do coleto de *Brachiaria brizantha* em pastagens da amazônia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 261-265, maio/jun. 2007.

EBERHART, S. A. Factors affecting efficiencies of breeding methods. **African Soils**, Bangui, v. 15, p. 669-672, 1970.

ERSKINE, W.; ISAWI, J.; MASOUD, K. Single plant selection for yield in lentil. **Euphytica**, Wageningen, v. 48, n. 2, p. 113-116, July 1990.

EUCLIDES, V. P. B. et al. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 15-23, jan. 2009.

EUCLIDES, V. P. B. et al. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 151-168, July 2010.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman Malaysia, 1996. 464 p.

FEDERER, W. T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters' Record**, Honolulu, v. 55, p. 191-208, Feb. 1956.

FERGUSON, J. E.; CROWDER, L. V. Cytology and breeding behavior of *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard. **Crop Science**, Madison, v. 14, n. 6, p. 893-895, Nov./Dec. 1974.

FIGUEIREDO, U. J. de. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies de *Brachiaria humidicola***. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

FIGUEIREDO, U. J. de; NUNES, J. A. R.; VALLE, C. B. do. Estimation of genetic parameters and selection of *Brachiaria humidicola* progenies using a selection index. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 12, n. 4, p. 237-244, dez. 2012.

FLORINDO, J. B. et al. *Brachiaria* species identification using imaging techniques based on fractal descriptors. **Computers and Electronics in Agriculture**, Athens, v. 103, p. 48-54, Apr. 2014.

FREITAS, I. L. de J. et al. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1464-1471, nov. 2013.

FREY, K. J. Effectiveness of visual selection upon yield in oat crosses. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 102-105, Mar./Apr. 1962.

GOBBE, J.; SWENNE, A.; LOUANT, B. P. Diploids naturelles et autotétraploides induits chez *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard: critères d'identification. **Agronomie Tropicale**, Paris, v. 36, n. 4, p. 339-346, 1981.

GONZÁLEZ, A. M. T.; MORTON, C. M. Molecular and morphological phylogenetic analysis of *Brachiaria* and *Urochloa* (Poaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 36-44, Oct. 2005.

GOULART, J. C. **Citogenética e anatomia foliar de acessos e progênes de *Brachiaria***. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

HAMBLIN, J. E.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Breeding common bean for yield in mixtures. **Plant breeding reviews**. Westport: J. Wiley, 1986. v. 4. p. 245-272.

HARE; M. D.; PHAIKAEW, C. Forage seed production in northeast Thailand. In: FAIREY, D. T. et al. **Forage Seed Production Tropical and subtropical species**. New York: CABI, 1999. p. 435-442.

HELMS, T. C.; ORF, J. H.; SCOTT, R. A. Actual yield advance from selection for visual score and yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Manitoba, v. 75, n. 1, p. 187-189, Sept. 1994.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Arlington, v. 31, n. 2, p. 423-447, June 1975.

HENDERSON, C. R. et al. The estimation of environmental and genetic trends from records subject to culling. **Biometrics**, Arlington, v. 15, n. 2, p. 192-218, June 1959.

HEWITT, G. B. Grazing management as a means of regulating spittlebug (Homoptera: Cercopidae) numbers in Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 7, p. 697-707, Fev. 1988.

HÖRANDL, E. The complex causality of geographical parthenogenesis. **New Phytologist**. Lancaster, v. 171, n. 3, p. 525-538, 2006.

ISHIGAKI, G. et al. Estimation of genome size in *Brachiaria* species. **Grassland Science**, Nasushiobara, v. 56, n. 4, p. 240-242, Dec. 2010.

JANK, L. et al. The value of improved pastures to Brazilian beef production. **Crop and Pasture Science**, Clayton, v. 65, n. 11, p. 1132-1137, Oct. 2014.

JENSEN, N. F. **Plant breeding methodology**. New York: J. Wiley, 1988. 676 p.

JESSUP, R. W. **Molecular tools for marker-assisted breeding of buffelgrass**. 2005. 65 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Texas A&M University, Texas, 2005.

JUNGMANN, L. et al. Isolation and characterization of microsatellite markers for *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stap. **Conservation Genetics**, Berlin, v. 10, n. 6, p. 1873-1876, Dec. 2009a.

JUNGMANN, L. et al. Development of microsatellite markers for *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. **Conservation Genetics Resources**, Berlin, v. 1, n. 1, p. 475-479, Dec. 2009b.

JUNGMANN, L. et al. Genetic diversity and population structure analysis of the tropical pasture grass *Brachiaria humidicola* based on microsatellites, cytogenetics, morphological characteristics, and geographical origin. **Genome**, Ottawa, v. 53, n. 9, p. 698-709, Sept. 2010.

KEARNEY, M. Hybridization, glaciations and geographical parthenogenesis. **Trends in Ecology and Evolution**, Melbourne, AU., v. 20, n. 9, p. 495-502, Sept. 2005.

KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do. **Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement**. Cali: CIAT, 1996. p. 16-42.

KNOTT, D. R. Effects of selection for F₂ plant yield on subsequent generations in wheat. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 52, n. 5, p. 721-726, Sept. 1972.

KNOTT, D. R. The use of bulk F₂ and F₃ yield test to predict the performance of durum wheat crosses. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 2, p. 241-245, Nov. 1994.

KOEHLER, A. D. **Reprodução em *Brachiaria* spp: SERK** (Somatic Embryogenesis Receptor-Like Kinase) no desenvolvimento da antera, do ovário e na embriogênese. 2010. 110 f. Tese (Doutorado em Biologia na Agricultura e no Ambiente) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

KWON, S. H.; TORRIE, J. H. Visual discrimination for yield in two soybean. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 3, p. 287-290, May/June 1964.

LEMAIRE, G. et al. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, London, v. 64, n. 4, p. 341-353, Dec. 2009.

LETTERIELLO, G. et al. Citologia e modo de reprodução de acessos pentaplóides de *B. brizantha*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. 1 CD-ROM.

LOPES, F. C. F. et al. Composição química e digestibilidade ruminal *in situ* da forragem de quatro espécies do gênero *Brachiaria*. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 4, p. 883-888, ago. 2010.

LITTELL, R. C. et al. **SAS® System for Mixed Models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

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

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. de. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 415-422, abr. 2010.

MAIA, L. G. S.; CASTRO, C. E. C. de; FERNANDES, S. B. Comparação entre seleção massal visual e produtividade na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. 1 CD-ROM.

MARQUES JÚNIOR, O. G. et al. Viabilidade do emprego de notas na avaliação de alguns caracteres do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ceres**, Viçosa, MG, v. 44, n. 254, p. 411-420, jun. 1997.

MARTINS, A. M. **Sequenciamento de DNA, montagem de novo do genoma e desenvolvimento de marcadores microssatélites, indels e SNPs para uso em análise genética de *Brachiaria ruziziensis***. 2013. 190 f. Tese (Doutorado em Biologia Molecular) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MARTINS, C. E. et al. Seleção de genótipos de *brachiaria ruziziensis* quanto à tolerância ao alumínio em solução I: resposta a diferentes concentrações de alumínio e valores de ph em solução nutritiva. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 34, n. 1, p. 154-162, jan./jun. 2011.

MENDES-BONATO, A. B.; PAGLIARINI, M. S.; VALLE, C. B. do. Abnormal spindle orientations during microsporogenesis in an interspecific hybrid of *Brachiaria* (Gramineae). **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 122-125, fev. 2006.

MENDES-BONATO A. B. et al. Abnormal pollen mitoses (PMI and PM II) in an interspecific hybrid of *Brachiaria ruziziensis* and *B. decumbens*. **Journal of Genetics**, Bangalore, v. 83, n. 3, p. 279-283, Dec. 2004.

MILES, J. W. Apomixis for Cultivar Development in Tropical Forage Grasses. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 1, p. 238-249, Jan. 2007.

MILES, J. W.; CARDONA, C.; SOTELO, G. Recurrent selection in a synthetic Brachiariagrass population improves resistance to three spittlebug species. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 3, p. 1088-1093, May 2006.

MILES, J. W. et al. Brachiaria grasses. In: MOSER, L. E.; BURSON, B. L.; SOLLENBERGER, L. E. **Warm season(C4) grasses**. Madison: American Society of Agronomy, 2004. p. 745-783.

MIGUEL, P. S. B. et al. Seleção de genótipos de *Brachiaria ruziziensis* quanto ao alumínio em solução nutritiva II: Avaliação da tolerância ao alumínio. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 34, n. 1, p. 154-162, jan./jun. 2011.

MORRONE, O.; ZULOAGA, F. O. Revisión de las especies sudamericanas nativas e introducidas de los géneros *Brachiaria* y *Urochloa* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 31, n. 1/4, p. 43-109, 1992.

MORRONE, O.; ZULOAGA, F. O. Sinopsis del género *Urochloa* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae) para México y América Central. **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 32, n. 1/4, p. 59-75, 1993.

NEPOMUCENO, M. P. et al. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 557-565, jul./set. 2012.

NUNES, G. H. S. et al. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 49-58, mar. 2002.

NUNES, S. G. et al. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA/CNPQC, 1984. 31 p. (Documentos, 21).

ORDÁS, B. et al. Effect of visual selection during the development of inbred lines of maize. **Crop Science**, Madison, v. 52, n. 6, p. 2538–2545. Nov. 2012.

ORTIZ, J. P. A. et al. Harnessing apomictic reproduction in grasses: what we have learned from Paspalum. **Annals of Botany**, Oxford, v. 112, n. 5, p. 767-787. July 2013.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, jan. 2011.

PARSONS, J. J. Spread of african pasture grasses to the american tropics. **Journal of Range Manage**, Denver, v. 25, n. 1, p. 12-17, Jan. 1972.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, London, v. 58, n. 3, p. 545-554, Dec. 1971.

PAULA, R. C. de. et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165, fev. 2002.

PENTEADO, M. I. et al. Variation in DNA content in *Brachiaria* spp. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 291. Sept. 1996.

PENTEADO, M. I. de O. et al. **Determinação de ploidia e avaliação da quantidade de dna total em diferentes espécies do gênero *Brachiaria***. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 32 p. (Boletim de Pesquisa, 11).

PEREIRA, A. V. et al. Selection of interspecific *Brachiaria* hybrids to intensify milk production on pastures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 5, n. 1, p. 99-104, May 2005.

PEREIRA, A. V. et al. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L. L. et al. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 549-601.

PETERNELLI, L. A. et al. Delineamentos aumentados no melhoramento de plantas em condições de restrições de recursos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2425-2430, dez. 2009.

PINHEIRO, A. A. et al. Duplication of the chromosome number of diploid *Brachiaria brizantha* plants using colchicine. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 19, n. 3, p. 274-278, Jan. 2000.

PRICE, D. L.; CASLER, M. D. Divergent selection for secondary traits in upland tetraploid switchgrass and effects on sward biomass yield. **BioEnergy Research**, Madison, v. 7, n. 1, p. 329-337, Mar. 2014.

PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras**: formação, conservação, utilização. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. 343 p.

QUALSET, C. O.; VOLG, H. E. Efficient methods of population management and utilization in breeding wheat for Mediterranean type climates. In: INTERNATIONAL WHEAT CONFERENCE, 3., 1980, Madrid. **Proceedings...** Madrid: CIMMYT, 1980, p. 166-188. 1 CD-ROM.

RAO, I. M.; KERRIDGE, P. C.; MACEDO, M. C. M. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do. **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Cali: CIAT, 1996. p. 53-71.

RAO, I. M.; MILES, J. W.; GRANOBLES, J.C. Differences in tolerance to infertile acid soil stress among germplasm accessions and genetic recombinants of the tropical forage grass genus, *Brachiaria*. **Field Crops Research**, Boon, v. 59, n. 1, p. 43-52. Oct. 1998.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2012. 328 p.

REIS, C. A. F. et al. Correspondence between performance of Eucalyptus spp trees selected from family and clonal tests. **Genetics and Molecular Research**, Alto da Boa vista, v. 10, n. 2, p. 1172-1179, June 2011.

RENVOIZE, S. A.; CLAYTON, W. D.; KABUYE, C. H. S. Morphology, taxonomy and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J. W.; MAAS, B. L. D.; VALLE, C. B. do. **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; Campo Grande: Embrapa, 1996. p. 1-15.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, R. M. S.; CASLER, M. D.; RESENDE, M. D. V. de. Selection methods in forage breeding: a quantitative appraisal. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 5, p. 1925-1936, Sept./Oct. 2013.

RESENDE, R. M. S. et al. Selection efficiency in *Brachiaria* hybrids using a posteriori blocking. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 3, p. 296-303, dez. 2007.

RIDAY, H. Correlations between visual biomass scores and forage yield in space planted red clover (*Trifolium pratense* L.) breeding nurseries. **Euphytica**, Wageningen, v. 170, n. 3, p. 339-345, Nov. 2009.

RISSO-PASCOTTO, C.; PAGLIARINI, M. S.; VALLE, C. B. do. A new basic chromosome number for the genus *Brachiaria* (Trin.) Griseb. (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). **Genetic Resourcer and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 53, n. 1, p. 7-10, Feb. 2006.

ROBINSON, G. K. That BLUP is a good thing: the estimation of random effect. **Statistical Science**, Beachwood, v. 6, n.1, p. 15-32, Feb. 1991.

RODRIGUES, F. et al. Índice de seleção e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para características relacionadas com a produção de milho-verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 278-286, mar./apr. 2011.

ROSADO, A. M. **Seleção entre e dentro de famílias e baseada nos valores genéticos obtidos pelo índice combinado e BLUP em eucalipto**. 2003. 76 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ROSADO, A. M. et al. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, dez. 2009.

SANTOS, F. C. et al. Adaptive leaf anatomical characteristics of *Brachiaria ruziziensis* (Poaceae) genotypes in different environments. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 579-584, Oct./Dec. 2013.

SANTOS, H. G. dos. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SANTOS FILHO, L. F. Seed production: perspective from the Brazilian private sector. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do. **Brachiaria: Biology, agronomy, and improvement**. Cali: CIAT, 1996. p. 141-146.

SAS INSTITUTE INC. **SAS procedures guide**, Version 9.0, Cary, NC, USA, 1999.

SAVIDAN, Y. Apomixis: genetics and breeding. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. Westport: J. Wiley, 2010. v. 18. p. 13-86.

SAVIDAN, Y. Transfer of apomixis through wide crosses. In: SAVIDAN, Y.; CARMAN, J. G.; DRESSELHAUS, T. **The flowering of apomixis: from mechanisms to genetic engineering**. Mexico: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 2001. p. 153-167.

SEIFFERT, N. F. **Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria***. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 1980. 83p. (Circular Técnica, 1).

SENDULSKY, T. Chave para identificação de *Brachiaria*. **Jornal Agroceres**, São Paulo, v. 5, n. 56, p. 4, 1977.

SERRÃO, E. A.; SIMÃO NETO, M. **Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *Brachiaria decumbens*. Stapf e *B. ruziziensis* Germain e Evrard**. Belém: Instituto de Pesquisa Experimental Agropecuária do Norte, 1971. 31 p. (Boletim de Pesquisa, 1).

SILVA, D. M. da. et al. Genetic variability of *Brachiaria ruziziensis* clones to *Collaria oleosa* (Hemiptera: Miridae) based on leaf injuries. **American Journal of Plant Sciences**, Texas, v. 4, n. 12, p. 2418-2424, Dec. 2013a.

SILVA, H. D. et al. Efeito da seleção visual para produtividade de grãos em populações segregantes do feijoeiro. II. Seleção entre famílias. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 181-185, abr./jun. 1994.

SILVA, P. I. T. et al. Development and validation of microsatellite markers for *Brachiaria ruziziensis* obtained by partial genome assembly of Illumina single-end reads. **BMC Genomics**, v. 14, n. 1, p. 17-25, Jan. 2013b.

SILVA, W. B. et al. Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 146-153, abr./jun. 2013c.

SILVA FILHO, J. L. da S. Optimizing the number of progenies and replications in plant breeding experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 13, n. 3, p. 151-157, Set. 2013.

SILVEIRA NETO, S. Controle de insetos e outras pragas das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGEM, 3., 1976, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1976, p. 137-190. 1 CD-ROM.

SIMIONI, C.; VALLE, C. B. do. Chromosome duplication in *Brachiaria* (A. Rich.) Stapf allows intraspecific crosses. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 9, n. 4, p. 328-334, Oct. 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 157-196.

SOUZA, E. A. et al. Experimental alternatives for evaluation of progenies and clones in eucalyptus breeding programs. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 427-434, jul./ago. 2003.

SOUZA, F. F. de. **Produção e qualidade de forragem de progênes de *Brachiaria ruziziensis***. 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SOUZA, F. F. de. **Produção, qualidade e estimativas de parâmetros genéticos em *Brachiaria ruziziensis* Germain et Everard**. 2010. 224 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SOUZA, J. C. et al. **Cigarrinhas-das-pastagens: histórico, biotecnologia, prejuízos, monitoramento e medidas de controle**. Belo Horizonte: Epamig, 2008. 8 p. (Circular Técnica, 42).

SOUZA, O. C. et al. **Diagnóstico de morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* nas regiões de Araguaína, TO e Redenção, PA**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 11 p. (Documentos, 96).

SOUZA SOBRINHO, F. de; AUAD, A. M.; LÉDO, F. J. da S. Genetic variability in *Brachiaria ruziziensis* for resistance to spittlebugs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1, p. 83-88, Apr. 2010.

SOUZA SOBRINHO, F. de et al. Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 579-584, jun. 2010.

SOUZA SOBRINHO, F. de et al. Produtividade e qualidade da forragem de *Brachiaria* na Região Norte Fluminense. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, p. 7-19, set./dez. 2009.

SOUZA SOBRINHO, F. de; LÉDO, F. J. da S.; KOPP, M. M. Estacionalidade e estabilidade de produção de forragem de progênes de *Brachiaria ruziziensis*. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 35, n. 4, p. 685-691, ago. 2011.

SOUZA SOBRINHO, F. de et al. Melhoramento de gramíneas forrageiras na Embrapa Gado de Leite. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 7., 2009, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2009. 1 CD-ROM.

SOUZA SOBRINHO, F. de. Melhoramento de forrageiras no Brasil. In: EVANGELISTA, A. R. et al. **Forragicultura e pastagens: temas em evidência.** Lavras: UFLA, 2005. p. 65-120.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal Agricultural Research**, Canberra, v. 4, n. 6, p. 821-829, Nov./Dec. 1973.

SWENNE, A.; LOUANT, B.; DURJARDIN, M. Induction par la colchicine de formes autotetraploides chez *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard (Graminée). **Agronomie Tropicale**, Paris, v. 36, p. 134-114, 1981.

TIMBÓ, A. L. de O. et al. Obtaining tetraploid plants of ruzigrass (*Brachiaria ruziziensis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 43, n. 3, p. 127-131, Mar. 2014.

VALÉRIO, J. R.; JELLER, H.; PEIXER, J. Seleção de introduções do gênero *Brachiaria* (Griseb) resistentes à cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg)(Homoptera: Cercopidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 383-387, ago. 1997.

VALÉRIO, J. R.; NAKANO, O. Sintomatologia dos danos causados pelo adulto da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) em *Brachiaria decumbens*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 95-100, jan. 1992.

VALÉRIO, J. R. et al. Screening *Brachiaria* introductions for resistance to spittlebugs (Homoptera: Cercopidae). In: INTERNATIONAL GRASSLAND

CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: FEALQ, 2001. 1 CD-ROM.

VALLE, C. B. do; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 4, p. 460-472, abr. 2009.

VALLE, C. B. do; SAVIDAN, Y. H. Genetics, cytogenetics, and reproductive biology of *Brachiaria*. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do. **Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement**. Colombia: Cati, 1996. p. 147-163.

VALLE, C. B. do. et al. Melhoramento genético de *Brachiaria*. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; JANK, L. (Org.). **Melhoramento de forrageiras tropicais**. Campo Grande: Embrapa, 2008. p. 13-53.

VARGAS, M. A. **Eficiência da seleção visual e determinação do tamanho de parcela e do número de repetições para avaliação da produtividade de grãos em famílias S1 e S3 (Zea mays L.)**. 1996. 92 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 135-234.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VIGNA, B. B. Z. et al. New microsatellite markers developed from *Urochloa humidicola* (Poaceae) and cross amplification in different *Urochloa* species. **BMC research notes**, v. 4, n. 1, p. 523-533, Dec. 2011b.

VIGNA, B. B. Z. et al. Genetic diversity and population structure of the *Brachiaria brizantha* germplasm. **Tropical Plant Biology**, Berlin, v. 4, n. 3, p. 157-169, Dec. 2011a.

WEATHERWAX. E. I. **Indian corn in old America**. New York: Macmillan, 1954. 253 p.

WEBSTER, R. D. **The Australian Paniceae (Poaceae)**. Berlin: J. Cramer, 1987. 322p.

WEBSTER, R. D. General of the North American Paniceae (Poaceae: Panicoideae). **Systematic Botany**, Washington, v. 13, n.2, p. 576-609, May 1988.

ZORZATTO, C. et al. Identification of a molecular marker linked to apomixis in *Brachiaria humidicola* (Poaceae). **Plant Breeding**. Madrid, v. 129, n. 6, p. 734-736, Dec. 2010.