



UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE
FORRAGEM DE CULTURAS ANUAIS E CONSÓRCIO DE
GRAMÍNEAS COM MILHO EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO**

FRANCISCO AUGUSTO MACHADO DA PONTE FILHO

**SOBRAL – CE
MAIO – 2018**

FRANCISCO AUGUSTO MACHADO DA PONTE FILHO

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE
FORRAGEM DE CULTURAS ANUAIS E CONSÓRCIO DE GRAMÍNEAS
COM MILHO EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Zootecnia, da Universidade
Estadual Vale do Acaraú, como requisito
parcial para obtenção do Título de Mestre em
Zootecnia.

Área de Concentração: Forragicultura e
Pastagens

ORIENTADOR:

HENRIQUE ANTUNES DE SOUZA

CO-ORIENTADOR:

FERNANDO LISBOA GUEDES

SOBRAL – CE
MAIO – 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual Vale do Acaraú

Sistema de Bibliotecas

Ponte Filho, Francisco Augusto Machado da

Adaptabilidade e estabilidade da produção de forragem de culturas anuais e consórcio de gramíneas com milho em condições de semiárido [recurso eletrônico] / Francisco Augusto Machado da Ponte Filho. -- Sobral, 2018.

1 CD-ROM: il. ; 4 ³/₄ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato pdf do trabalho acadêmico com 114 folhas.

Orientação: Prof. Dr. Henrique Antunes de Souza.

Co-Orientação: Prof. Dr. Fernando Lisboa Guedes.

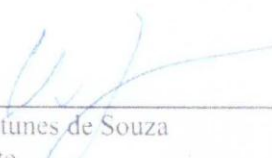
Dissertação (Zootecnia) - Universidade Estadual Vale do Acaraú / Centro de Ciências Agrárias e Biológicas

1. Integração lavoura e pecuária. 2. Produtividade de forragem. 3. Agricultura de sequeiro. I. Título.

FRANCISCO AUGUSTO MACHADO DA PONTE FILHO

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE
FORRAGEM DE CULTURAS ANUAIS E CONSÓRCIO DE
GRAMÍNEAS COM MILHO EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO

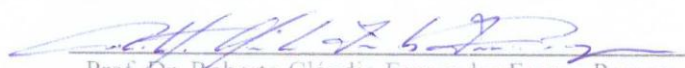
Dissertação defendida e aprovada em: 24 / 05 / 2018 pela Comissão Examinadora:



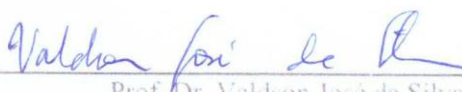
Prof. Dr. Henrique Antunes de Souza
Presidente
Embrapa Meio Norte



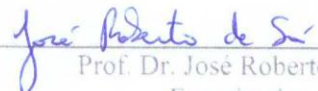
Prof. Dr. Fernando Lisboa Guedes
Examinador - Co-orientador
Embrapa Caprinos e Ovinos



Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu
Examinador
Embrapa Caprinos e Ovinos



Prof. Dr. Valdson José da Silva
Examinador
UVA



Prof. Dr. José Roberto de Sá
Examinador
UVA

SOBRAL – CE
MAIO – 2018

À Deus por sua presença em minha vida, porque ele sempre está comigo nas lutas, dificuldades e conquistas do dia a dia.

À minha querida esposa, *Edileuza Marques* e minha pequena *Hadassa Marques*. Pelo amor, carinho e afeto e além de tudo por sempre acreditarem em mim, sempre incentivando nos momentos mais difíceis e por representarem a minha maravilhosa família. Amo todos vocês.

Dedico

OFEREÇO

À minha família e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao meu Deus fiel e verdadeiro, por está sempre comigo na caminhada da vida e ao Espírito Santo, pela paz, amor e fé que tenho em Jesus Cristo.

À Fundação Cearense de Apoio ao desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em nome das instituições: Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) pela oportunidade de realização do mestrado e a Embrapa Caprinos e Ovinos pela estrutura cedida e o apoio na condução desta pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceara (IFCE) campus do Crato e a Fazenda Preto – Irauçuba, locais onde foram realizados os experimentos de estabilidade e adaptabilidade. Agradeço o *Dr. Marcos Góes* e ao engenheiro agrônomo *Edirardo* pelo acolhimento e a parceria dos mesmos nestes locais.

À minha esposa *Edileuza Marques* e minha filhinha *Hadassa*, pelo amor e dedicação, por sempre acreditar no meu potencial, por tudo que sempre faz por mim, enfim todo o meu esforço e luta é por vocês.

Ao meu orientador *Dr. Henrique Antunes* pela paciência na orientação e pela oportunidade de me fazer crescer profissionalmente. Obrigado pela confiança e o apoio.

Ao meu Co-orientador *Dr. Fernando Lisboa Guedes* pelos ensinamentos e pelas grandes aprendizagens que adquiri através deste grande profissional que você é. Muito Obrigado. Agradeço a todos os colegas pesquisadores da Embrapa Caprinos e Ovinos que de alguma forma contribuíram para esta conquista.

Aos meus professores do mestrado pela aprendizagem e ensinamentos, onde todos contribuíram para esta conquista.

Aos convidados da banca, *Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu*, *Dr. Valdson José da Silva* e o *Dr. José Roberto de Sá*, pela disponibilidade.

Aos amigos conquistados na Embrapa, que passaram pela equipe de forragicultura, *Claudinha, Diana, Brena Gama* e em especial às futuras mestras, *Ivandelete e Beatriz Abreu*, que contribuíram na condução destes ensaios.

Ao Sr. *Pedro* e Sr. *Chiquinho*, pela grandiosa ajuda no campo experimental. À dona *Liduína* pela valiosa ajuda nas análises laboratoriais.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
RESUMO GERAL	15
GENERAL ABSTRACT.....	16
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	17
CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE.....	20
3. CULTURAS ANUAIS PARA AGRICULTURA DE SEQUEIRO DO SEMIÁRIDO COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM.....	21
3.1 Girassol.....	22
3.2 Milheto.....	23
3.3 Milho	24
3.4 Sorgo.....	25
4. FORRAGEIRAS COM POTENCIAL PARA UTILIZAÇÃO EM CONSÓRCIO COM CULTURAS ANUAIS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL	26
4.1 Capim Massai	26
4.2 Capim Buffel	27
5. CONSÓRCIOS DE CULTURAS ANUAIS	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	29
CAPÍTULO II - PLASTICIDADE FENOTÍPICA DE CULTURAS ANUAIS PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM REGIÃO SEMIÁRIDA CEARENSE.....	38
RESUMO.....	39
ABSTRACT	40
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
CAPÍTULO III - ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTURAS ANUAIS PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM REGIÃO SEMIÁRIDA CEARENSE	54
RESUMO.....	55
ABSTRACT	56
1. INTRODUÇÃO.....	57
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4. CONCLUSÃO.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
CAPÍTULO IV - CONSÓRCIO DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS COM MILHO NO SEMIÁRIDO CEARENSE	87
RESUMO.....	88
ABSTRACT	89
1. INTRODUÇÃO.....	90
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	91
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	97
4. CONCLUSÃO.....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Atributos físico-químicos do solo da área experimental.....	43
Tabela 2 - Culturas e cultivares avaliadas na safra agrícola 2015, Sobral/CE.....	43
Tabela 3 - Análise de variância, média e coeficiente de variação (CV%) dos sete caracteres agronômicos das quatro culturas anuais avaliadas na safra 2015, Sobral/CE.....	47
Tabela 4 - Análise de variância, média e coeficiente de variação (CV%) dos nove caracteres bromatológicos das quatro culturas anuais avaliadas na safra 2015, Sobral/CE.....	48

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Atributos químicos do solo das áreas experimentais.....	62
Tabela 2 - Culturas e cultivares avaliadas na safra agrícola 2016 e 2017.....	63
Tabela 3 - Estimativas de produtividade de massa seca (kg ha^{-1}), média das cultivares e coeficiente de variação (CV%) e teste F das cultivares de milho avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.....	70
Tabela 4 - Características bromatológica e agronômica das cultivares de milho avaliadas em condições de sequeiro no período de 2016.....	72
Tabela 5 - Estimativas de produtividade de massa seca (kg ha^{-1}), média das cultivares e coeficiente de variação (CV%) e teste F das cultivares de sorgo avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.....	75
Tabela 6 - Características bromatológica e agronômica das cultivares de sorgo avaliadas em condições de sequeiro no período de 2016.....	77
Tabela 7 - Estimativas de produtividade de massa seca (kg ha^{-1}), média das cultivares e coeficiente de variação (CV%) e teste F das cultivares de milheto avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.....	80
Tabela 8 - Características bromatológica e agronômica das cultivares de milheto avaliadas em condições de sequeiro no período de 2016.....	82

CAPÍTULO IV

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo da área experimental.....	92
Tabela 2 - Valores médios dos atributos químicos do solo em função do consórcio e do tratamento controle (milho solteiro), nas camadas de 0-0,05 e 0-0,2 m de profundidade.....	99
Tabela 3 - Valores médios, teste de F e coeficiente de variação dos teores de nutrientes foliares e índice relativo de clorofila (IRC) na folha diagnóstica do milho, em função do consórcio, método de plantio e época de plantio das forrageiras.....	101
Tabela 4 - Valores médios de teores de nutrientes foliares e índice relativo de clorofila (IRC) em função do consórcio e do tratamento controle (milho solteiro).....	103
Tabela 5 - Valores médios, teste de F e coeficiente de variação dos atributos biométricos e de biomassa (AP - altura de planta, AE - altura de inserção de espiga, GRÃOS - produtividade de grãos, BFT - biomassa de forragem total, AD - altura do dossel, DPP - número de perfilhos e N° folhas/perfilho - número de folhas por perfilhos) do milho e forrageiras, em função do consórcio, método de plantio e época de plantio das forrageiras.....	105
Tabela 6 - Valores médios de variação dos atributos biométricos e de biomassa (AP - altura de planta, AE - altura de inserção de espiga, GRÃOS - produtividade de grãos, BFT - biomassa de forragem total), em função do consórcio e do tratamento controle (milho solteiro).....	107
Tabela 7 - Valores médios, teste de F e coeficiente de variação da exportação de nutrientes do milho e forrageiras, em função do consórcio, método de plantio e época de plantio das forrageiras.....	108
Tabela 8 - Comparação de médias de variação do acúmulo e exportação de nutrientes do milho, milho e forrageiras, em função do tratamento controle milho solteiro.....	110

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 - Precipitação diária dos meses março a julho do ano de 2015 no município de Sobral/CE.....	42
Figura 2 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{iq} %) para as médias das cultivares das culturas do sorgo (a), girassol (b), milho (c) e milheto (d) avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE, 2015.....	49

CAPÍTULO III

Figura 1 - Precipitação diária dos meses março a julho de 2016, no município de Sobral/CE.....	59
Figura 2 - Precipitação diária dos meses de fevereiro a maio de 2017, no município de Sobral/CE.....	59
Figura 3 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2016, no município de Irauçuba/CE.....	60
Figura 4 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2017, no município de Irauçuba/CE.....	60
Figura 5 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2016, no município de Crato/CE.....	61
Figura 6 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2017, no município de Crato/CE.....	61
Figura 7 - Estabilidade e adaptabilidade pelo método gráfico de produtividade de matéria seca, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{ia} %) e média Z das cultivares de milho (a) BRS 2020, (b) AL Bandeirante, (c) BRS Gorutuba e (d) Al Avaré avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.....	68
Figura 8 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{iq} %) para as médias das cultivares da cultura do milho (a), BRS 2020 (b), AL Bandeirante, (c) BRS Gorutuba e (d) AL Avaré avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE 2016.....	71
Figura 9 - Estabilidade e adaptabilidade pelo método gráfico da produtividade de massa seca, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{ia} %) e média Z das cultivares de	

sorgo (a) BRS Ponta Negra, (b) IPA 467 e (c) Catissorgo avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.....	74
Figura 10 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{iq} %) para as médias das cultivares da cultura do sorgo (a) Ponta Negra, (b) IPA 467 e (c) Catissorgo avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE 2016.....	76
Figura 11 - Estabilidade e adaptabilidade pelo método gráfico da produtividade de matéria seca, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{ia} %) e média Z das cultivares de milho (a) BRS 1501, (b) ADR 500 e (c) ADR 300 avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.....	79
Figura 12 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{iq} %) para as médias das cultivares da cultura do milho, (a) BRS 1501, (b) ADR 300 e (c) ADR 500 avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE 2016.....	81

CAPÍTULO IV

Figura 1 - Área experimental.....	91
Figura 2 - Precipitação pluviométrica de fevereiro a junho de 2017, no município de Sobral, CE, Embrapa Caprinos e Ovinos.....	92
Figura 3 - Distribuição das parcelas na área experimental.....	94

RESUMO GERAL

O semiárido nordestino caracteriza-se pela ocorrência de chuvas mal distribuídas em um período relativamente curto, o que proporciona altos riscos na agricultura de sequeiro, seja ela para produção de grãos ou de forragem para alimentação animal. O conhecimento das culturas/cultivares e o plantio consorciado de gramíneas com milho apontam como uma forma mais eficaz para a produção de volumoso nas condições semiárida. Objetivou-se avaliar a produção de culturas anuais e o consórcio de milho com gramíneas para alimentação animal nas condições edafoclimáticas do semiárido cearense. Para isso, foram realizados cinco experimentos: para o primeiro experimento, foi comparado o desempenho fenotípico de cultivares híbridas e variedades de quatro culturas anuais para produção de forragem (milho, sorgo, milheto, girassol) e do segundo até o quarto experimento foram avaliados a adaptabilidade e estabilidade das culturas (milho, sorgo e milheto) analisando a produção de massa seca de forragem por hectare durante dois anos em três locais no semiárido cearense. Foram conduzidos ensaios para cada cultura (milho, sorgo, milheto e girassol), em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições, procedendo-se a avaliação dos caracteres agrônômicos e bromatológicos, e posterior análises dos dados pelo método gráfico tanto para plasticidade fenotípica quanto para adaptabilidade e estabilidade. Para o quinto experimento, foram estudadas as gramíneas com reconhecida tolerância a período de estresse hídrico em consórcio com a cultura do milho. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 9 tratamentos, sendo utilizado duas espécies forrageiras (*Megathyrsus maximus* cv. Massai e *Cenchrus ciliaris* cv. Buffel Áridus), dois métodos de plantio (sulco do plantio da forrageiras e a lanço) e duas épocas de cultivo (plantio simultâneo das forrageiras com o milho e o plantio da cultura do milho após 15 dias do plantio das forrageiras), um tratamento controle adicional com milho solteiro, analisado como fatorial $2 \times 2 \times 2 + 1$, com 3 repetições e, totalizando 27 parcelas experimentais. As variáveis determinadas foram fertilidade do solo em cada parcela (0-0,05 e 0-0,2 m), diagnose foliar do milho, exportação de nutrientes, atributos biométricos e de produção do milho e das forrageiras. Para o primeiro experimento observou-se que as culturas do sorgo e do milheto se destacam com boa plasticidade fenotípica no conjunto de caracteres avaliados em condições de sequeiro no semiárido cearense. Nos experimentos de adaptabilidade e estabilidade as cultivares avaliadas para a produtividade de massa seca de forragem, o BRS Ponta Negra (sorgo), AL Bandeirante (milho) e BRS 1501 (milheto) apresentaram uma boa adaptabilidade e estabilidade sendo alternativas interessantes tanto para recomendações aos produtores quanto para servir como população de base em programas de melhoramento para essas culturas em região semiárida. No quinto experimento, as propriedades químicas do solo não apresentaram diferenças entre os tratamentos do consórcio, época e método de plantio em relação a testemunha (milho solteiro). Na exportação e acúmulo de nutrientes, o capim massai acumulou e exportou mais nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em relação ao capim buffel. Para a produtividade de massa seca de forragem a consorciação apresentou diferentes níveis de competição, tanto para espécie de forrageira quanto para épocas de cultivo, contudo para produção total de biomassa (milho e forrageiras) não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Palavras-chave: integração lavoura e pecuária, produtividade de forragem, agricultura de sequeiro.

GENERAL ABSTRACT

The Brazilian semiarid region is feature by the event of ragged rains in a short period of time, which provides high risks in rainfed crop, be it for grain or feed yield. The knowledge of the cultivars of annual crops associated to the intercropping with grasses can reduce the risk of yield of forage in semiarid conditions. The aim of this study was to assess the forage yield of annual crops and the intercropping of corn with grasses under the edaphoclimatic conditions of the Brazilian semiarid region. Five trials were carried out: for the first trial, the phenotypic performance of hybrids and varieties cultivars of four annual crops for forage yield (maize, sorghum, millet, sunflower) was measured, from the second to the fourth trial evaluated the adaptability and stability of the crops (maize, sorghum and millet) for the yield of forage dry mass per hectare for two years and in three environment in the Brazilian semiarid region. For each crop (maize, sorghum, millet and sunflower), a randomized complete block design with three replicates was evaluated, and the agronomic and bromatological traits were measured and the data were analyzed by the graphic method for both phenotypic plasticity and for adaptability and stability. For the fifth trial, the grasses were measure intercropping with the maize crop. The trial design was a randomized complete block design with 9 treatment, two forage species (*Megathyrsus maximus* cv. Massai e *Cenchrus ciliaries* cv. Buffel Áridus) two form growth (to sow in crop lines and to sow on the ground) and two growing seasons (simultaneous growth of grasses with maize and growth maize after 15 days of grasses), an additional check treatment with single maize crop, analyzed as factorial $2 \times 2 \times 2 + 1$, with 3 replicates and, totaling 27 trials plots. The variables stated were soil fertility in each plot (0-0.05 and 0-0.2 m), maize leaf diagnosis, nutrient export, biometric attributes and maize and forage yield. For the first trials it was observed that the sorghum and millet crops showed better phenotypic plasticity in the traits set evaluated under dry conditions in the semiarid region. In the trials of adaptability and stability, the cultivars evaluated for the dry matter yield of forage, BRS Ponta Negra (sorghum), AL Bandeirante (maize) and BRS 1501 (millet) showed good adaptability and stability, interesting alternatives both for recommendations to farm and for use in breeding programs for these crops in the semiarid region. In the fifth trial, the chemical properties of the soil did not show differences between the treatments of the intercropping, the form growth and growing seasons in relation to the check (single maize crop). In the export and accumulation of nutrients, the massai grass accumulated and exported more nutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) than the buffel grass. For the dry matter yield of forage, the intercropping presented different levels of competition, both for grasses species and for growing seasons. However, for total biomass yield (maize and grass) there was no significant difference between treatments.

Key words: crop and livestock integration, forage yeld, rainfed crop.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A produção de alimentos para os rebanhos da região semiárida é um dos desafios enfrentados neste século em função das adversidades climáticas constantes e alterações dos balanços hídricos. Ressalta-se que, entre os processos a serem melhorados, estão os tipos de manejo empregados, ocasionando a degradação dos solos. Logo, o aproveitamento da quadra chuvosa é preponderante para que haja a produção de alimento (forragem e grãos) para ser conservado e utilizado quando houver escassez de forragens em pastos cultivados ou nativos. Para tanto, o uso de culturas ou cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico são importantes.

No Capítulo II destaca-se a plasticidade fenotípicas das culturas anuais para o semiárido cearense, avaliando os caracteres bromatológicos e agrônômicos comparando o desempenho fenotípico de cultivares híbridas e variedades de quatro culturas anuais para produção de forragem (milho, sorgo, milheto e girassol) com o auxílio do método gráfico.

Diante disso, no Capítulo III, aborda-se a adaptabilidade e estabilidade das culturas na região semiárida cearense, destacando as cultivares que devem ser selecionadas de acordo com seus índices produtivos, tais como produtividade de grãos e de matéria seca, além da qualidade nutricional da forragem. Outro fator imprescindível, para ter sucesso, é escolher adequadamente qual cultivar a ser plantada, que por muitas vezes é definida por falta de opção e de conhecimento relacionados a uma maior produtividade.

No Capítulo IV destaca-se o consórcio da cultura do milho com gramíneas forrageiras para a produção de forragem. Sendo que este sistema já é utilizado nas regiões Centrais e Sul do País, denominado Santa Fé, como modelo de integração lavoura e pecuária. Considerando que a região Nordeste apresenta o maior número de propriedades rurais familiares, a otimização do espaço, de recursos e de tempo pelo consórcio podem ser alternativas para a produção de forragem. Somado a este esforço, ressalta-se que o cultivo simultâneo de forrageiras anuais e perenes resulta em melhor aproveitamento de nutrientes, água, mão de obra e contribui para a conservação do solo.

CAPÍTULO I
REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino caracteriza-se pela ocorrência de chuvas mal distribuídas em um período relativamente curto, o que proporciona altos riscos para a agricultura de sequeiro, seja ela para produção de grãos ou de forragem para alimentação animal (CARVALHO, 2013). Assim existe a necessidade de estudos para seleção de genótipos de plantas mais adaptadas às características edafoclimáticas da região (SANTOS et al., 2010).

Cultivares selecionados de acordo com seus índices produtivos, tais como produtividade de grãos e matéria seca destinada à produção de forragem para alimentação animal, além do consórcio da cultura do milho com gramíneas, terão maiores contribuições para aumentar a média de produção de forragem. Essas estratégias permitirão diminuir os riscos de cultivo na região semiárida, ocorridos pela falta de forragem no período de escassez de chuvas e forragens de baixo teor de nutrientes uma vez que é preciso otimizar o curto período de precipitação.

O sucesso no cultivo depende da regularidade e precipitações das chuvas. No contexto de agricultura de sequeiro, Azevedo e Silva (2007) destacam que a estação de crescimento das culturas depende da época em que as chuvas efetivamente começam. No entanto, para o desempenho das culturas estudos para avaliar as cultivares mais adaptadas e estáveis na região semiárida é de suma importância.

A agricultura de sequeiro possui suas dificuldades devido às irregularidades das chuvas, além de alguns solos rasos com baixo teor de matéria orgânica, ocasionando uma baixa produtividade das culturas. Os pequenos e médios produtores possuem um baixo nível de capacitação gerencial e tecnológica, além de um acesso precário aos meios de produção e assistência técnica quantitativa e qualitativamente deficiente (GOMES et al., 2009).

O plantio de culturas anuais como sorgo, milheto, milho e girassol neste curto período de chuva no semiárido será uma estratégia para o produtor rural, já que muitos produtores ainda utilizam a monocultura, não utilizando os espaçamentos adequados entre as culturas e nem a aplicação de uma adubação planejada conforme a análise de solo que atenta as exigências nutricionais das culturas.

2. ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

A adaptabilidade é a capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente; a estabilidade é a capacidade de mostrarem um desempenho previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ et al., 2012). Para avaliação dos genótipos, visando aos estudos de adaptabilidade e de estabilidade, é necessário conduzir experimentos em uma grande amplitude de condições ambientais sendo, portanto, uma das etapas mais importantes, trabalhosas (SILVA e DUARTE, 2006) e onerosas de um programa de melhoramento (MAIA et al., 2006).

Estudos sobre a interação genótipo x ambiente, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações detalhadas sobre o desempenho de cada genótipo nas variações ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais se torna possível a identificação de cultivares com respostas previsíveis e de acordo com variações ambientais, seja em condições específicas ou amplas (CRUZ e REGAZZI, 2001).

A busca de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade envolve o estudo de metodologias que propiciem estimativas mais precisas dos parâmetros. O ideal é que a metodologia de avaliação seja de simples interpretação, confiável e que possa ser usada tanto para pequeno quanto para grande número de ambientes (HUEHN, 1990; SCHMILDT e KRAUSE, 2003).

A evolução do estudo de adaptabilidade e estabilidade surgiu a partir de Plaisted e Peterson (1959) no qual propuseram uma nova metodologia para avaliar a influencia das interações de variedades, que consiste basicamente na aplicação de uma análise de variância combinada, ou seja, análise considerando todas as variedades em diversos locais em um determinado ano. Após isso, Finlay e Wilknsnson (1963) propuseram uma metodologia utilizando modelos de regressão linear comparando desempenho de variedade em vários locais e anos, classificando cada ambiente como favorável ou desfavorável de acordo com as médias de todas as variedades naquele ambiente.

Logo depois, Eberhart e Russel (1966) utilizaram o coeficiente de regressão e dos desvios da reta como parâmetros de estabilidade sendo uma alternativa com o objetivo de auxiliar nas análises dos dados. Outro modelo de metodologia utilizado destaca o AMMI (*Additive Main Effect and Multiplicative Interaction*) desenvolvidos por Mantel (1971) e popularizados por Zobel et al. (1988), estima-se a magnitude da interação genótipo e

ambiente de acordo com a resposta da cada variável analisada. De forma geral, existem vários modelos e metodologias para a avaliação de adaptabilidade e estabilidade de cultivares/genótipos.

O método gráfico, proposto por Nunes et al. (2005), facilita a interpretação e visualização das variáveis avaliadas em vários ambientes de estudo, onde é estimado pela média geral de cada variável a partir do desempenho das cultivares em cada cultura e em seguida estimado o desvio padrão para cada variável, sendo necessária uma padronização das médias das variáveis. O gráfico permite avaliar o melhor desempenho de cada cultivar em vários ambientes e também a sua estabilidade pelo formato do gráfico.

3. CULTURAS ANUAIS PARA AGRICULTURA DE SEQUEIRO DO SEMIÁRIDO COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM

A agricultura de sequeiro continua a ser o principal modo de produção agrícola, especialmente nos países em desenvolvimento, sendo que melhorias na produtividade por unidade de área são imprescindíveis (RADIN e MATZENAUER, 2016). Considerando que os cultivos agrícolas sob o regime de sequeiro são os mais susceptíveis aos colapsos de produção e, ainda, que 60% do suprimento de alimentos são provenientes da agricultura de sequeiro, a segurança alimentar da população pode enfrentar sérios riscos caso a produção de alimentos não seja eficientemente assegurada contra os efeitos das variabilidades climáticas (MARTINS et al., 2014).

A ocorrência de estiagem prolongada, no Semiárido brasileiro, as consequências são as mais variadas, desde a desestruturação da frágil economia da região, por se basear principalmente na exploração agropecuária; desagregação das relações familiares e sociais, em parte pela migração forçada para outras áreas (dentro ou fora do Semiárido) na busca de oportunidades de trabalho remunerado; e até os impactos ambientais produzidos, que vão desde a perda da biodiversidade até o processo de desertificação (CAMURÇA et al., 2016).

Na aplicação do melhoramento genético das plantas, o manejo das culturas, a utilização de espaçamentos entre as culturas, os efeitos de mudanças climáticas, o planejamento de plantio e de colheita são fundamentos básicos que auxiliam pesquisadores e produtores para obter um aumento do rendimento potencial das culturas, mesmo diante dos riscos que pode ocorrer na agricultura de sequeiro (SUGUITANI, 2006).

No entanto, em regiões do semiárido há uma necessidade de maior compreensão por parte dos produtores rurais, seja sobre as condições edafoclimáticas e também pelas escolhas de culturas utilizando diferente cultivares. Com isso, são necessários mais estudos relacionados à estabilidade e adaptabilidade nas condições do semiárido brasileiro.

3.1 Girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledonea anual e originária da América do Norte, pertencente à família Asteraceae e está inserido entre as espécies vegetais de maior potencial para a produção de biocombustível, além de se constituir em uma importante opção para o produtor agrícola em sistemas envolvendo rotação ou sucessão de culturas (ZOBIOLE et al., 2010). Sua ampla adaptação as diferentes condições climáticas, teor e qualidade do óleo de suas sementes, contribuirão com a inserção da mesma no programa nacional de produção e uso de biodiesel (UNGARO, 2006).

No Brasil, o girassol é uma cultura promissora e tem despertado o interesse de agricultores, técnicos e empresas, pela possibilidade de uso do seu óleo nas fabricas e também pela demanda crescente possibilita forte expansão da área de cultivo de girassol, sendo a cultura apontada como uma nova alternativa econômica em sistemas de rotação/sucessão de culturas de grãos (BACKES et al., 2008).

O uso do girassol na alimentação animal sob a forma de silagem tem surgido como boa alternativa no Brasil devido aos períodos de déficit hídrico, que impossibilitam a produção de alimentos volumosos de boa qualidade e, conseqüentemente, a manutenção da produção animal o ano todo (TOMICH et al., 2004). As silagens de girassol apresentam elevados teores de proteína, de minerais e de extrato etéreo (óleo), quando comparadas às silagens de milho e sorgo (OLIVEIRA et al., 2010).

A cultura do girassol apresenta características desejáveis sob o ponto de vista agrônômico, como ciclo curto, boa produtividade, elevada qualidade e rendimento em óleo, o que faz com que a mesma seja integrante de sistemas de produção de grãos e biodiesel (VIANA et al., 2012). Além disso, possuem características de resistência à seca, ao frio e ao calor, o girassol apresenta ampla adaptabilidade proporcionando perspectivas para a expansão de sua área cultivada em diversas regiões do Brasil (MORAIS et al., 2011).

Na cultura do girassol, ocorrem interações entre genótipos e ambientes, havendo variação do desempenho das cultivares em função da região e época de plantio (PORTO et al., 2007). Há poucas informações disponíveis sobre cultivares adaptadas e épocas de semeadura apropriadas para as diferentes regiões (COSTA et al., 2000). Sabe-se que o rendimento obtido pelo girassol depende da cultivar, assim como das condições ambientais a que for submetido (SMIDERLE et al., 2005).

Para a escolha do arranjo de plantas ideal para a cultura do girassol é necessário levar em consideração o potencial genético das cultivares, as condições edafoclimáticas da região e as práticas de manejo empregadas na condução da cultura (SILVEIRA et al., 2005).

3.2 Milheto

O cultivo do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), se justifica por ser uma forrageira anual, de alto valor nutritivo, podendo ser utilizado para produção de grãos, cobertura morta e como forrageira para o consumo e produção de silagem. Em função de suas características fisiológicas, esta forrageira apresenta tolerância ao estresse hídrico, além de se adaptar aos solos ácidos, de baixa e média fertilidade, fatores limitantes para cultivo do milho e do sorgo (PIRES et al., 2007). Além do uso do milheto na alimentação animal, esta cultura tem-se apresentado como uma das melhores opções como cobertura do solo em áreas de semeadura direta no Brasil (MARTINS NETTO e DURÃES, 2005).

A cultura do milheto apresenta potencial de uso em áreas de baixa precipitação, sendo uma alternativa interessante para condições adversas. Pinho et al. (2013a) demonstraram que o milheto é uma cultura que pode ser uma das alternativas forrageiras para regiões semiáridas, logo é importante a avaliação do desempenho de cultivares mais eficientes no uso da água em áreas de baixo emprego de insumos.

Segundo Pereira Filho et al. (2003), o milheto nos últimos tempos tem aumentado o número de área plantada, sobretudo nas regiões de Cerrado, pelo seu potencial de cobertura do solo para a prática do plantio direto. E, além disso, a cultura apresenta potencial de forrageiro na pecuária de corte ou de leite, ainda que para ambas as finalidades, há necessidade de um manejo cultural diferenciado e adequado para uma melhor produção de forragem (BUSO et al., 2011).

Guimarães Jr. et al. (2009) destacam que o milho tem potencial para acumular elevada quantidade de massa seca, porém com efeito direto na qualidade da forragem, podendo ser devido à baixa participação de grãos na forragem, quando há grandes acúmulos de biomassa.

Atualmente, no Brasil, poucas empresas fazem o melhoramento da cultura do milho, como a Sementes Adriana Agrícola e a Embrapa Milho e Sorgo, que continuam lançando cultivares novas de híbrido e variedades no mercado. A cultivar mais recente lançada foi a BRS 1502, a qual apresenta alta produtividade de massa e de grãos, sanidade foliar e qualidade de forragem (RNC, 2018). Outro destaque é o lançamento pioneiro de cultivares híbridas forrageiras, como exemplo, a cultivar ADR 6010 Valente, que agrega uniformidade e produção massa seca (RNC, 2018).

3.3 Milho

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho (*Zea mays* L.) é o mais considerável, com cerca de 58 milhões de toneladas de grãos produzidos, em aproximadamente 14,5 milhões de hectares nas safras de 2011/2012 (CONAB, 2012). Sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia (DOURADO NETO e FANCELLI, 2004).

O milho (*Zea mays*) é a cultura padrão para ensilagem, pela tradição no cultivo, pela produtividade e valor nutritivo (SANTOS et al., 2010). O desenvolvimento de novas cultivares de milho, bem adaptadas e de alta produtividade, é importante para incrementar a melhoria de rendimento da atividade no semiárido nordestino (CARVALHO et al., 2000).

A cultura do milho assume papel de destaque na economia da região semiárida por participar representativamente na geração da renda agrícola e pelo papel importante na alimentação humana e animal (SANTOS et al., 2010). No entanto, os sistemas de produção da região semiárida brasileira são caracterizados pela baixa produtividade do milho, provocada principalmente, pela instabilidade pluvial, altas temperaturas e o baixo nível tecnológico adotado pelos produtores (CARVALHO et al., 2007).

O cultivo do milho é uma prática agrícola tradicional da região semiárida brasileira, devido ao seu ciclo relativamente longo, quando comparado com outras culturas como a do feijão, sofre grande instabilidade de cultivo, ocasionada pela inconstância pluviométrica

além da pouca renovação de cultivares adaptadas, que possam reduzir os riscos de perdas de safras (CARVALHO, 2013).

Os trabalhos realizados com cultivares de milho na região Nordeste brasileira, são um pouco escassos, sendo muitas vezes restrito para produtividade de grãos (CARDOSO et al., 2012; SANTOS, 2007). Concomitante com a grande extensão territorial do semiárido, os resultados obtidos para recomendação das cultivares avaliadas não são adequadas para abranger toda região, devido as diferentes condições edafoclimáticas observadas dentro de cada unidade geoambiental do Semiárido (BRITO et al., 2007).

3.4 Sorgo

O Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) pertence à família Poaceae, é importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul, e tem se mostrado como boa opção em substituição ao milho, principalmente, nas regiões de climas semiáridos (ANDRADE et al., 2011). É uma planta de origem tropical, que se adapta as variadas condições de fertilidade do solo, e é mais tolerante que o milho a altas temperaturas e déficit hídrico, razão por que é cultivada em uma ampla faixa de latitudes, mesmo onde outros cereais têm produção antieconômica (MAGALHÃES et al., 2007).

O sorgo possui potencial para se desenvolver e se expandir em regiões com baixas distribuições de chuvas e altas temperaturas, condições estas que caracterizam o semiárido, que ocupa 49% da região Nordeste do Brasil, com uma precipitação pluviométrica de 300 a 700 mm, de distribuição irregular, ocorrendo em um período de três a cinco meses, seguido de sete a nove meses de seca prolongada (SANTOS et al., 2007).

A cultura do sorgo destaca-se para a alimentação animal no semiárido por ser uma planta com elevado rendimento forrageiro e apresentar uma boa capacidade de rebrota e adaptabilidade às regiões secas, sendo capaz de sobreviver e produzir em condições de limitado suprimento de água (ELIAS et al., 2016). O cultivo do sorgo vem aumentando sua importância na região Nordeste, principalmente, nas áreas com ocorrências frequentes de deficiência hídrica, devido às suas características de resistência a seca e substituto do milho na alimentação animal em rações balanceadas para bovinos, suínos e aves (PITOMBEIRA et al., 2002).

Contudo, a escolha de cultivares de sorgo apropriado aos diferentes sistemas de produção constitui fator importante para a maximização da produção de massa verde,

matéria seca e de grãos utilizados na alimentação animal. Por conseguinte, torna-se necessária a avaliação de cultivares de sorgo, bem como o estudo do manejo mais adequado, disponibilizando ao produtor rural informações técnicas, a fim de se obter maiores rendimentos da cultura (SANTOS e GRANGEIRO, 2013).

Para as condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, devem ser utilizadas espécies adaptadas para sobreviver nos períodos de menor precipitação, mas que apresenta potencial para proteger e restabelecer as características físicas, químicas e biológicas do solo (NASCIMENTO et al., 2005).

Segundo Cysne e Pitombeira (2012) um dos problemas que tem limitado a expansão do cultivo de sorgo no Estado do Ceará, está relacionado com a falta de genótipos adaptados. Assim, para minimizar os efeitos da interação genótipos x ambientes e ter maior previsibilidade de comportamento, de forma eficiente e racional, é necessário identificar genótipos mais estáveis (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009).

4. FORRAGEIRAS COM POTENCIAL PARA UTILIZAÇÃO EM CONSÓRCIO COM CULTURAS ANUAIS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A consorciação entre culturas anuais e forrageiras tropicais tem surgido como sistema de produção alternativo (culturas x gramíneas) para a recuperação de áreas degradadas pela atividade agropecuária intensiva, bem como, para a formação de palhada para o sistema de plantio direto (GIMENES et al., 2008). No semiárido cearense as forrageiras são utilizadas na alimentação animal para pastejo e na produção de feno sendo uma boa alternativa para produção animal. Através do sistema de consórcio as forrageiras podem ser armazenadas para produção de feno e as culturas anuais para o processo de ensilagem sendo uma boa opção como reserva alimentar no período de escassez de forragem.

4.1 Capim Massai

A cultivar Massai (Orstom T21; BRA-007102) é um híbrido espontâneo entre *Panicum maximum* sin *Megathyrsus maximus* e *Panicum infestum*, coletado na rota entre Bagamoyo e Dares Salaam, na Tanzânia, África, em 1969, pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IRD (JANK et al., 1997).

No Brasil, a partir do ano de 1984 o capim massai através da Embrapa Gado de Corte foi comparado durante dois anos e determinadas a produção forrageira, qualidade, produção de sementes, época e intensidade de florescimento, potencial de adaptação aos solos de Cerrado, de recuperação após o corte, e a estacionalidade da produção forrageira (SAVIDAM et al., 1990). Com isso, além de outras gramíneas em destaques no Brasil e na região Nordeste, a cultivar massai apresenta um grande potencial para ser utilizada sob corte, por apresentar boa produção de matéria seca determinada pelas elevadas taxas de acúmulo de lâminas foliares (LUNA et al., 2014).

O Massai é uma planta que forma touceira com altura média de 0,6 m e folhas quebradiças, sem cerosidade, largura média de 9 mm, as lâminas apresentam densidade média de pelos curtos e duros na face superior, além da bainha apresenta densidade alta de pelos curtos e duros (LEMPP, 2001).

O *Panicum maximum* sin *Megathyrsus maximus* é uma espécie de gramínea forrageira com cultivares bastantes exigentes em umidade e fertilidade do solo, necessitando em muitas ocasiões altos dispêndios com adubações e em alguns casos com irrigação (SOUZA et al., 2005). A cultivar Massai, além de apresentar características comuns às outras cultivares do mesmo gêneros apresenta elevada capacidade de suporte e valor nutritivo, tem apresentado maior resistência a sua produção em regiões de baixa precipitação (VALENTIM et al., 2001). Além disso, possui atributos positivos a elevada produção de forragem, com suas folhas finas, menor altura e maior relação folha/colmo (CORRÊA et al., 2002).

Para a região semiárida, o Massai é sugerido como uma forrageira por possuir boas propriedades de acumulação de biomassa, sendo uma gramínea com características relevantes, desejáveis e que apresenta uma boa composição química (CAVALCANTE et al., 2014).

4.2 Capim Buffel

O capim buffel (*Cenchrus ciliaries* L.) é uma gramínea indicada para as regiões semiáridas do Brasil, devido as suas características de adaptação a essa região (PINHO et al., 2013b). É originário da África e possui crescimento ereto, em forma cespitosa (touceira), produz forragem com boa aceitabilidade pelos animais (OLIVEIRA, 1981).

Segundo Medeiros e Dubeux Junior (2008), esse capim apresenta maior resistência ao déficit hídrico entre as gramíneas cultivadas nas regiões secas devido à sua eficiência no uso da água das chuvas, em função de adaptações morfofisiológicas, que permitem um crescimento rápido no início do período chuvoso, após sofrer déficit hídrico intenso e prolongado. De acordo com Dantas Neto et al. (2000), estudando o efeito da precipitação e do corte no capim buffel, observaram que o rendimento de matéria seca do capim aumenta com a aplicação de água, até o nível de precipitação de 373 mm, em todas as idades ao primeiro corte, demonstrando que o capim-buffel responde bem as regiões com níveis de precipitações baixos.

Uma outra característica dessa espécie está relacionada a sua perenidade e ao tipo de crescimento vertical, com altura variando de 0,6 a 1,5m, dependendo da variedade ou cultivar (DANTAS NETO et al., 2000). Além de adaptado às regiões de clima Semiárido, o capim buffel apresenta atributos favoráveis para ser conservado na forma de feno, por sua alta relação folha: colmo, caules finos e cutícula estreita (EDVAN et al., 2011).

O capim buffel apresenta também um bom valor nutritivo, com teores de proteína bruta superiores a 10% da MS (DANTAS NETO et al., 2000) e digestibilidade *in vitro* de MS superior a 60 % (VOLTINI et al., 2011). Possui o sistema radicular fasciculado (podendo alcançar profundidade radicular elevada em regiões de zonas áridas e semiáridas) e o desenvolvimento da planta adaptadas a determinadas regiões ou condições de solo e clima possibilita aos produtores a oportunidade de produzir forragem de alta qualidade e, assim, aumentar a produtividade animal (VILELA, 2005). Neste contexto, as plantas da espécie *Cenchrus ciliaris* L. têm se destacado por se adaptarem bem a regiões semiáridas onde as condições edafoclimáticas não são favoráveis (TEIXEIRA, 2008).

O capim buffel vem demonstrando no semiárido brasileiro ser capaz de cumprir um papel preponderante através dos distintos sistemas produção de forragem utilizada, devido, principalmente, à sua característica resistente diante de climas agressivos (MONÇÃO et al., 2011).

5. CONSÓRCIOS DE CULTURAS ANUAIS

O consórcio de plantas é uma prática agrícola consagrada em toda região tropical, em especial na região Nordeste praticada por pequenos produtores (MAGALHÃES et al.,

2013). No entanto, faz-se necessários cuidados para não haver competições entre as culturas seja pela luminosidade, por nutrientes, água e outro fator abiótico.

Dentre as tecnologias mais recentes, o sistema de integração agricultura-pecuária tem se destacado visando a produção de grãos e a produção animal. Neste sentido o consórcio de culturas anuais como milho e gramíneas implantadas no período de chuvas pode ser uma das alternativas viáveis para a região do semiárido cearense, sistema este que visa a formação de palhada ou suplementação animal por meio de pastejo, feno ou silagem para atender a exigências nutricionais dos animais no período escasso de forragem. Neste sistema, a pastagem aproveita a correção do solo e a adubação residual aplicados na lavoura, que por sua vez se beneficia do condicionamento físico do solo e da palhada proporcionados pela pastagem sendo uma alternativa muito eficiente, mantendo a produtividade agrícola e promovendo indiretamente, a recuperação e renovação de pastagens (SILVEIRA et al., 2011).

Para Pereira et al., (2014), diversas espécies forrageiras se destacam na consorciação com o milho, porém a *Brachiaria brizantha*, *B. ruzizienses*, *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia e *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça vem tendo destaque, pois, fornecem grande quantidade de massa (matéria seca).

A conciliação da produção de grãos com a pecuária tem como objetivos recuperar o solo, aumentar a área plantada com grãos, diversificar investimentos, aperfeiçoar o uso da terra, da infraestrutura e da mão-de-obra e aumentar a receita líquida das propriedades agrícolas (MELLO et al., 2004)

Ao iniciar o sistema integração agricultura-pecuária, frequentemente, os produtores utilizam o sistema convencional para a implantação da lavoura no primeiro ano, visando às correções físicas do solo e incorporação das adubações (MELLO, 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ANDRADE, A.R.S.; MACHADO, C.B.; VILELA, E.L. et al. Desenvolvimento da cultura do sorgo em um latossolo amarelo submetido à adubação orgânica. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.137-151, 2011.
- AZEVEDO, P.V.; SILVA, F.D.S. Risco climático para o cultivo do algodoeiro na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.2, p.408-416, 2007.

- BACKES, L.R.; SOUZA, A.M.; BALBINOT JUNIOR A.A. et al. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, v.9, n.1, p.41-48, 2008.
- BRITO, L.T.L.; MOURA, M.S.B.; GAMA, G.F.B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.
- BUSO, W.H.D.; MACHADO, A.S.; SILVA, L.B. et al. Uso do milheto na alimentação animal. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.5, n.22, p.21-27, 2011.
- CAMURÇA, C.E.; ALENCAR, A.; CIDADE, E. et al. Implicações psicossociais da seca na vida de moradores de um município da zona rural do nordeste do Brasil. **Avances em Psicología Latinoamericana**, v.34, n.1, p.117-128, 2016.
- CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L.; ROCHA, L.M.P. et al. Identificação de cultivares de milho com base na estabilidade fenotípica no Meio-Norte brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.346-353, 2012.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; RIBOLDI, J. et al. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, v.39, n.2, p. 340-347, 2009.
- CARVALHO, H.W.L.; MAGNAVACA, R.; LEAL, M.L.S. Potencial genético da cultivar de milho BR 5011- sertanejo nos tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1169-1176, 2000.
- CARVALHO, H.W.L.; SOUZA, E.M. Ciclos de seleção de progênes de meios-irmãos do milho BR 5011 Sertanejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.803-809, 2007.
- CARVALHO, M.A.R. **Normais Pluviométricas e Probabilidade de Safra Agrícola de Sequeiro no Ceará**. 1.ed. Fortaleza: Tipoprogresso, 2013, p.224.
- CAVALCANTE, A.C.R.; ARAUJO, J.F.; CARNEIRO, M.S.S. et al. Potential use of tropical grass for deferment in semiárid region. **American Jornal of Plant Sciences**, v.5, n.1, p.907-914, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: GRÃOS: QUARTO LEVANTAMENTO, janeiro/2012. Brasília, 2012. p.28-30. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploa>>. Acesso em: 22/01/2018.

CORREA, L.A. **Características agronômicas das principais plantas forrageiras tropicais**. Comunicado Técnico 35. Embrapa, São Carlos - SP, 2002.

COSTA, V.C.A.; SILVA, F.N; RIBEIRO, M.C.C. Efeito de épocas de semeadura na germinação e desenvolvimento em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Científica Rural**, v.5, n.1, p.154-158, 2000.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. (2.ed.) rev. Viçosa: UFV, 2001.

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

CYSNE, J.R.B.Q.; PITOMBEIRA, J.B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo granífero em diferentes ambientes do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.273-278, 2012.

DANTAS NETO, J.; SILVA, M.F.A.S.; FURTADO, D.A. et al. Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim-buffel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.1867-1874, 2000.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de milho**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. p.360.

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.

EDVAN, R.L.; SANTOS, E.M.; SILVA, D.S. et al. Características de produção do capim buffel submetido a intensidade e frequência de corte. **Arquivo de Zootecnia**, v.60, n.232, p.1281-1289, 2011.

ELIAS, O.F.A.S.; LEITE, M.L.M.V.; AZEVEDO, J.M. et al. Características Agronômicas de Cultivares de Sorgo em Sistema de Plantio Direto no Semiárido de Pernambuco. **Ciência Agrícola**, v.14, n.1, p.29-36, 2016.

- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agriculture**, v.14, n.6, p.742-754, 1963.
- GIMENES, M.J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E.P. et al. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.32, n.3, p.61-76, 2008.
- GOMES, C.C.S.; AGUIAR NETO, A.O.; BARROS, A.C. et al. Perfil da produção agrícola no perímetro irrigado Califórnia-SE. **Revista Verde**, v.4, n.1, p.33-40, 2009.
- GUIMARÃES, JUNIOR. R. Utilização do milheto para produção de silagem / Roberto Guimarães Júnior, Lúcio Carlos Gonçalves, José Avelino Santos Rodrigues. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 30 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 259)
- HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: **Theory**. **Euphytica**, v.47, n.3, p.189-194, 1990.
- JANK, L.; CALIXTO, S.; COSTA, J.C.G.; SAVIDAN, Y.H.; CURVO, J.B.E. **Catálogo de caracterização e avaliação de germoplasma de *Panicum maximum*: descrição morfológica e comportamento agrônômico**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1997. 53 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 68).
- LEMPP, B.; SOUZA, F.H.D.; COSTA, J.C.G. et al. **Capim-Massai (*Panicum maximum* cv. Massai): alternativa para diversificação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa gado de Corte, 2001, 9p. (Comunicado Técnico, 69).
- LUNA, A.A.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B. et al. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras, sob corte. **Bioscience Journal**, v.30, n.6, p.1803-1810, 2014.
- MAGALHÃES, I.D.; SOARES, C.S.; COSTA, F.E. et al. Viabilidade do consórcio mamona - gergelim para a agricultura familiar no semiárido paraibano: Influência de diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.57-65, 2013.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; RODRIGUES, J.A.S. Ecofisiologia. In: **Cultivo do Sorgo**. Sistemas de Produção, 2. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/cofisiologia.htm>>. Acesso realizado em: 29/03/2018.

- MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A; ROCHA, M.M. et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, v.65, n.2, p.215-226, 2006.
- MANTEL, J. A new analysis of variance model for non-additive data. **Technometrics**, v.13, n.1, p.1-18, 1971.
- MARTINS NETTO, D.A.; DURÃES, F.O.M. **Milheto Tecnologias de Produção e Agronegócio**. EMBRAPA: Brasília, 2005. 205p.
- MARTINS, M.A.; ALVALÁ, R.C.S.; TOMASELLE, J. Modelos de produtividade agrícola aplicados à agricultura de sequeiro: limitações e vantagens para avaliação do colapso de safras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.10, n.4, p.41-48, 2014.
- MEDEIROS, H.R.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B. Efeitos de fertilização com nitrogênio sobre a produção e eficiência do uso da água em capim buffel. **Revista Caatinga**, v.21, n.3, p.13-15, 2008.
- MELLO, L.M.M.; PANTANO, A.C.; NARIMATSU, K.C.P. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: consorciação braquiária e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36. 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2017. (CD ROM).
- MELLO, L.M.M.; YANO, É.H.; NARIMATSU, K.C.P. et al. Integração agricultura pecuária em plantio direto: produção de palha e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.1, p.121-129, 2004.
- MONÇÃO, F.P.; OLIVEIRA, E.R.; TONISSI, R.H. et al. O capim-buffel. **Revista Agrarian**, v.4, n.11, p.258-264, 2011.
- MORAIS, F.A.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T. et al. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.327-336, 2011.
- NASCIMENTO, J.T.; SILVA, I.F.; SANTIAGO, R.D. et al. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvisolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.825-831, 2005.
- NUNES, J.A.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.48, n.1, p.182-183, 2005.

- OLIVEIRA, L.B, PIRES, A.J.V, CARVALHO, G.G.P. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
- OLIVEIRA, M.C. **O capim-buffel nas regiões secas do nordeste**. Petrolina: EMBRAPA, 1981. 19 p. (Circular Técnica, 5).
- PEREIRA FILHO, I.A.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M. et al. **Manejo da cultura do milheto**. Minas Gerais, Embrapa Milho e Sorgo, 2003. (Circular Técnica, n.29).
- PEREIRA, F.C.B.L.; MENDONÇA, V.Z.; LEAL, S.T. et al. Avaliação econômica e do desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros *Panicum* e *rachearia* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Agrarian**, v.7, n.23, p.157-165, 2014.
- PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; BEZERRA, H.F.C. et al. Avaliação de fenos de capim-buffel colhido em diferentes alturas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.437-447, 2013b.
- PINHO, R.M.A; SANTOS, E.M.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Avaliação de genótipos de milheto para silagem no semiárido. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.426-436, 2013a.
- PIRES, F.R.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P. et al. Desempenho agrônomo de variedades de milheto em razão da fenologia em pré-safra. **Bioscience Journal**, v.23, n.11, p.41-49, 2007.
- PITOMBEIRA, J.B.; CASTRO, A.B.; POMPEU, R.C.F.F. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.33, n.1, p.20-24, 2002.
- PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. **American Potato Journal**, v.36, n.6, p.381-385, 1959.
- PORTO, W.S.; CARVALHO, C.G.P.; PINTO, R.J.B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.491-499, 2007.
- RADIN, B.; MATZENAUER, R. Uso das informações meteorológicas na agricultura do Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, v.24, n.1, p.41-54, 2016.

RNC. **Registro nacional de cultivares.** Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 22/01/2018.

SANTOS, C.A.F. **Zoneamento agroecológico do nordeste e mapas de vegetação como ferramentas para a prospecção e conservação de recursos genéticos vegetais.** Petrolina, PE: Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 2007. 28p. (Documentos n. 73).

SANTOS, F. G.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E. et al. **BRS Ponta Negra variedade de sorgo forrageiro.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 6 p.(Circular Técnico, 145).

SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T. Desempenho produtivo de cultivares de sorgo forrageiro e granífero na Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.2, p.49-55, 2013.

SANTOS, R. D; PERREIRA, L.G.R; NEVES, A.L.A. et al. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Animal Sciences**, v.32, n.4, p.367-373, 2010.

SAVIDAN, Y.H.; JANK, L.; COSTA, J.C.G. **Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum*.** Campo Grande: EMBRAPA CNPQC, 1990. 68 p. (Documentos, 44).

SCHMILDT, E.R.; KRAUSE, W. Metodologia univariada e multivariada para análise de adaptabilidade e estabilidade visando à indicação de cultivares de milho. **Ceres**, v.50, n.290, p.471-487, 2003.

SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.23-30, 2006.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; MESQUITA, C.M. et al. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE; R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.375-409.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, J.H.S.; LOBO JUNIOR, M. et al. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1170-1175, 2011.

- SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JUNIOR, M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v.35, n.3, p.331-336, 2005.
- SOUZA, E.M.; ISEPON, O.J.; ALVES, J.B. et al. Efeito da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jack. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1146-1155, 2005.
- SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- TEIXEIRA, E.C. **Tratamento térmico de sementes de capim - buffel e rendimento forrageiro em função da adubação fosfatada**. 2008. 79f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros.
- TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P. et al. Características químicas e digestibilidade *in vitro* de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1672-1682, 2004.
- UNGARO, M.R.G. Potencial da cultura do girassol como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel. In: CAMARA, G.M.; HEIFFIG, L.S. (ed.) **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para o biodiesel**. Piracicaba: **Anais...** ESALQ, 2006. p.57-80.
- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; MOREIRA, P.J. et al. **Capim massai (*Panicum maximum* Jacq): nova forrageira para a diversificação das pastagens do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 16p. (Circular Técnica, 41).
- VIANA, T.V.A.; LIMA, A.D.; MARINHO, A.D. et al. Lâminas de irrigação e cobertura do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Revista Irriga**, v.17, n.2, p.126-136, 2012.
- VILELA, H. **Pastagem: seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 283 p.
- VOLTOLINI, T.V.; MORAES, S.A.; ARAÚJO, G.G.L. et al. Concentrate levels for lambs grazing on Buffel grass. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.216-222, 2011.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v.80, n.3, p.388-393, 1988.

ZOBIOLE, L.H.S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.O. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.425-433, 2010.

CAPÍTULO II
PLASTICIDADE FENOTÍPICA DE CULTURAS ANUAIS PARA PRODUÇÃO DE
FORRAGEM EM REGIÃO SEMIÁRIDA CEARENSE

RESUMO

A decisão de quais culturas forrageiras plantar nas regiões semiáridas brasileira não é um processo fácil, devido as instabilidades climáticas decorrente em cada safra agrícola. Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de comparar o desempenho fenotípico de cultivares híbridas e variedades de quatro culturas anuais para produção de forragem (milho, sorgo, milheto e girassol) através da análise simultânea de múltiplos caracteres, em região semiárida cearense. Foi realizado quatro ensaios diferentes, um para cada cultura, envolvendo cultivares variedades (V) e híbridos (H) (simples - HS, duplo - HD e intervarietal - HIT), em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliados 17 caracteres: matéria orgânica (MO), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL), lignina (LIG), IC2.IC1 - relação entre o índice relativo de clorofila aos 50 dias sobre o índice aos 30 dias (média de 5 folhas aleatórias na parcela); Flor - número de dias para o florescimento observando 50% da parcela com o florescimento; AP - altura de Plantas (m) coletada na altura do solo à base da última folha “bandeira”; Fol/Col - relação massa seca folha sobre massa seca colmo (%) (média de três plantas aleatórias da parcela); Grão/Fol+Col - relação peso de grãos sobre a massa seca de folhas mais colmo; PMF - estimativa da produção de matéria fresca de forragem, quilos por hectare (kg ha^{-1}), oriundas de duas linhas por parcela; PMS - estimativa da produção de matéria seca de forragem, quilos por hectare (kg ha^{-1}), oriundas de duas linhas por parcela; GRÃOS - estimativa da produtividade de grãos. Em seguida foi feito a análise de variância e posteriormente analisadas pela plasticidade fenotípica dos caracteres padronizados pelo somatório Z, que permitiu melhor decisão sobre o desempenho das culturas quando se consideram grandes quantidades de caracteres. Entre as culturas avaliadas o sorgo e o milheto se destacam com boa plasticidade fenotípica em condições de sequeiro no semiárido cearense.

Palavras-chave: Forrageiras, método gráfico, melhoramento genético

ABSTRACT

The decision of which forage crops to plant in the Brazilian semiarid regions is not an easy process, due to the climatic instabilities along of each harvest. The present work was carried out with the aim of comparing phenotype of hybrids cultivars and varieties of four annual plants for forage production (maize, sorghum, millet and sunflower) through the simultaneous analysis of multiple feature, in the semiarid region of Ceará. Four different trials were carried out, one for each crop, involving cultivars varieties (V) and hybrids (H) (single - HS, double - HD and intervarietal - HIT), in experimental of block with three replicates. We evaluated 17 traits: organic matter (OM), ash (AS), ethereal extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), hemicellulose (HCEL), cellulose (CEL), lignin (LIG), RI2.RI1- relationship between the relative index of chlorophyll at 50 days on the index at 30 days (average of 5 random leaf of the plot); FLOR - number of days for flowering observing 50% of the plot with flowering; HP - height of plants (m) collected at ground level based on the last "flag" leaf ; LF/ST - relation dry matter leaf on dry matter stem (%) (average of three random plants of the plot); Grain / LF + ST - relation weight of grain on the dry matter leaf and stem; PMF - estimate of the production of fresh forage matter, kilos per hectare (kg ha^{-1}), from two lines of the plot; PMS - estimate of the production of dry matter of forage, kilos per hectare (kg ha^{-1}), from two lines of the plot; GRAIN - Estimate of grain yield. Then the analysis of variance was done and later analyzed by the phenotypic plasticity of the traits standardized by the summation Z, which allowed a better decision on the performance of cultures when considering large number of traits. Among evaluated crops, sorghum and millet perform with good phenotypic plasticity under dry conditions in the semiarid region of Ceará.

Key words: Forages, graphic method, plant breeding.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino cearense caracteriza-se pela ocorrência de chuvas mal distribuídas em um período relativamente curto, o que proporciona altos riscos na agricultura de sequeiro, seja ela para produção de grãos ou de forragem para alimentação animal. Nesse caso, são necessários estudos para seleção de genótipos de plantas mais adaptadas às características edafoclimáticas de cada região (SANTOS et al., 2010a).

Como opções forrageiras, vêm sendo utilizado com mais frequência o milho (*Zea mays* L.) (SANTOS et al., 2010b) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) (SILVA et al., 2011), entretanto, outras estão surgindo como alternativas, a cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) (PINHO et al., 2013) e a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) (PEREIRA et al., 2016). Atualmente várias cultivares estão disponíveis, com grandes variações quanto a produção e concentração de nutrientes. Entretanto, poucas são recomendadas para o semiárido, tornando importante estudos comparativos que combinem características agronômicas e nutricionais destes materiais. Estudos dessa natureza podem contribuir com os programas de melhoramento genético e possibilitam recomendar a técnicos e produtores, cultivares que apresentem melhor relação entre produção e valor nutritivo.

Nesse sentido, a seleção de genótipos superiores através da avaliação simultânea de informações originais contendo os caracteres de interesse, têm contribuído efetivamente na identificação dos genótipos a serem utilizados nos programas de melhoramento genético de diversas culturas (VIANNA et al., 2013). Dessa forma, foi adaptado a metodologia utilizada nos estudos de plasticidade fenotípica pelo método gráfico sugerido por Nunes et al. (2005), para análise dos caracteres padronizados pelo somatório Z das culturas/cultivares conforme Reis et al. (2015). Segundo os mesmo autores, a aplicação deste método possui fácil visualização e interpretação dos resultados.

Diante do contexto, o presente trabalho teve como objetivo comparar desempenho fenotípico produtivo e nutricional de cultivares híbridas e variedades de quatro culturas anuais para produção de forragem (milho, sorgo, milheto e girassol) através da análise simultânea de múltiplos caracteres, em região semiárida cearense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na safra de 2015, em Sobral-CE, na área experimental localizada a 3°41'S de latitude, longitude de 40°20'W e altitude de 80 m. O clima da região é do tipo BSh, semiárido quente segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média foi de 27,4°C, com variação de máxima 38,4°C e mínima 19,8°C, e a precipitação durante o ensaio (data do plantio - 13 de março; data da colheita - 07 de julho) foi de 505 mm (Figura 1).

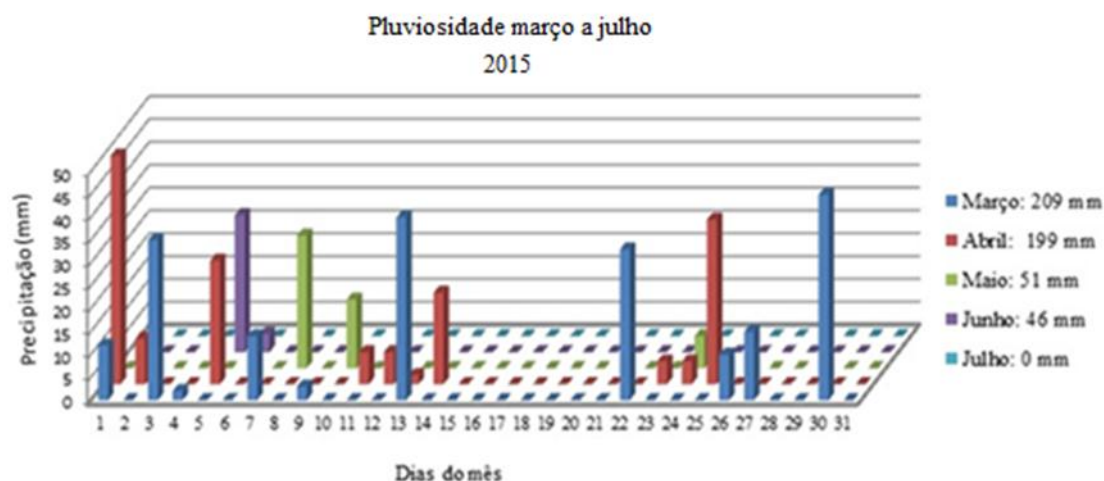


Figura 1 - Precipitação diária dos meses março a julho do ano de 2015 no município de Sobral/CE.

Fonte: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2015.

O solo da área experimental é classificado tipo Neossolo Flúvico e apresentou os tributos físico-químico como textura média, acidez fraca, e os valores médio para K e M.O, bom para P e alto para Ca e Mg segundo a classificação de Fernandes (1993) (Tabela 1).

O preparo do solo foi realizado com uma aração média (0-0,2m) seguida de uma gradagem niveladora. Foram realizadas duas adubações de padronizações adotando a recomendação de adubação para o estado do Ceará (FERNANDES, 1993), sendo uma na semeadura, onde foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 80 kg ha⁻¹ fósforo (P₂O₅), 60 kg ha⁻¹ potássio (K₂O), respectivamente, e uma adubação de cobertura que foi realizada quando as plantas estavam no estágio de 4-5 folhas totalmente expandidas, sendo aplicados 80 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo da área experimental

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	g dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----				----- mmol _c dm ⁻³ -----				%
6,9	21	44	82	69	24	13	0	96,1	109,1	88
S-SO ₄ ²⁻	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Argila	Silte	Areia	
		----- mg/dm ³ -----						----- g kg ⁻¹ -----		
8	24	0,4	26	2,25	63	0,42	224	246	530	

pH - potencial hidrogeniônico; M.O - matéria orgânica; P - fósforo; K - potássio; Ca - cálcio; Mg - magnésio; H+Al - acidez potencial; Al - alumínio; SB - soma de bases; CTC - capacidade de troca catiônica; V - saturação por bases; S - enxofre; Na - sódio; Cu - cobre; Fe - ferro; Zn - zinco; Mn - manganês; B - boro.

Foram conduzidos quatro ensaios diferentes em cada cultura, envolvendo cultivares de diferentes tipos: variedades (V) e híbridos (simples - HS, duplo - HD e intervarietal - HIT) conforme descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Culturas e cultivares avaliadas na safra agrícola 2015, Sobral/CE.

Cultura	Cultivar	Tipo de cultivar	Empresa de Origem	Situação
Sorgo	DOW 740	Variedade	DOW AGROSCIENCES SEMENTES	Registrada
Sorgo	BRS 716	Híbrido	EMBRAPA	Registrada
Sorgo	BRS 506	Variedade	EMBRAPA	Registrada
Sorgo	BRS PONTA NEGRA	Variedade	EMBRAPA	Registrada
Sorgo	BRS 655	Híbrido Simples	EMBRAPA	Registrada
Sorgo	BRS 330	Híbrido Simples	EMBRAPA	Registrada
Milho	Robusto	Variedade	SEMENTES SELEGRÃOS LTDA	Registrada
Milho	AlBandeirante	Variedade	DSMM/CATI	Registrada
Milho	Órion	Híbrido Simples	BIONACIONAL SEMENTES	Registrada
Milho	JM-100	Híbrido Intervarietal	UFLA	Registrada
Milho	Vitorinha	Híbrido Intervarietal	UFLA	Experimental
Milheto	BRS 1501	Variedade	EMBRAPA	Registrada
Milheto	ADR 500	Variedade	SEMENTES ADRIANA	Registrada
Milheto	ADR 6010	Híbrido Intervarietal	SEMENTES ADRIANA	Registrada
Girassol	HÉLIO 250	Híbrido Simples	HELIAGRO	Registrada
Girassol	HÉLIO 251	Híbrido Simples	HELIAGRO	Registrada
Girassol	BRS 122	Variedade	EMBRAPA	Registrada

* EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; UFLA - Universidade Federal de Lavras; DSMM/CATI - Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes/Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em cada ensaio. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de quatro metros de comprimento com espaçamento de 0,75 m entre linhas e densidade de plantas ajustados

conforme recomendação para produção de forragem de cada cultura, sendo girassol com 45.000 mil plantas ha⁻¹, conforme Ungaro et al. (2009), o milho com 66.667 mil plantas ha⁻¹, conforme Pereira Filho et al. (2015), o sorgo com 120.000 mil plantas ha⁻¹ segundo Rodrigues et al. (2015) e o milheto com 180.000 mil plantas ha⁻¹ conforme Pereira Filho et al. (2016).

Foram avaliados dezessete caracteres divididos entre variáveis produtivas e nutricionais. Os caracteres produtivos foram: IC2.IC1 - relação entre o índice relativo de clorofila aos 50 dias sobre o índice aos 30 dias (média de 5 folhas aleatórias na parcela); Flor - número de dias para o florescimento observando 50% da parcela com o florescimento; AP - altura de Plantas (m) coletada na altura do solo à base da última folha “bandeira”; Fol/Col - relação massa seca folha sobre massa seca colmo (%) (média de três plantas aleatórias da parcela); Grão/Fol+Col - relação peso de grãos sobre a massa seca de folhas mais colmo; PMF - estimativa da produção de matéria fresca de forragem, quilos por hectare (kg ha⁻¹), oriundas de duas linhas por parcela; PMS - estimativa da produção de matéria seca de forragem, quilos por hectare (kg ha⁻¹), oriundas de duas linhas por parcela; GRÃOS - estimativa da produtividade de grãos, em quilos por hectare, oriunda da colheita de duas linhas por parcela, a qual foi corrigida para estande conforme Cruz (2016) e para umidade a 13%.

Amostras em duplicata das cultivares de cada cultura avaliada (milho, sorgo, milheto e girassol) após moídas foram levadas para a estufa de 55°C por 72 horas para a determinação dos pesos de massa fresca e massa seca. Em seguida as amostras foram moídas no moinho tipo Willey em peneira com malha de 1mm para determinação dos teores dos seguintes caracteres nutricionais: matéria orgânica (MO), cinzas, extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL) e lignina (LIG), utilizando os métodos e procedimentos harmonizados da AOAC (2016).

Os dados foram verificados ao atendimento das pressuposições da análise de variância, para a normalidade dos erros, homogeneidade das variâncias e quando não atendidas foi feita transformações dos dados conforme Box e Cox (1964). Os dados de cada variável foram avaliados através do teste F para análises de variância (ANOVA) conforme o modelo estatístico:

$$Y_{IJ} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : é a observação do i-ésimo tratamento comum no j-ésimo bloco;

μ : é o efeito fixo da média geral do ensaio para cada cultura;

t_i : é o efeito fixo do i-ésimo tratamento ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

b_j : é o efeito aleatório do j-ésimo bloco;

e_{ij} : é o efeito aleatório do erro experimental do i-ésimo tratamento dentro do j-ésimo bloco, assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Para avaliação de plasticidade fenotípica das cultivares foi adaptado o método gráfico sugerido por Nunes et al. (2005) para o somatório Z dos caracteres padronizados. Foi estimada uma média geral por caractere a partir do desempenho das cultivares em cada cultura. Dessa forma, a análise foi realizada em nível de cultura (média geral de todas cultivares por cultura) e em nível de cultivar (média de cada cultivar). Em seguida foi estimado o desvio padrão para cada caractere. Dessa forma, foi possível padronizar as médias em cada caractere pela seguinte expressão:

$$Z_{iq} = \frac{\bar{X}_{iq} - \bar{X} \cdot q}{s \cdot q}$$

Em que:

Z_{iq} : valor da variável padronizada correspondente a cultura i no caractere q ;

$\bar{X}_{iq}$: média da cultura/cultivares i no caractere q ;

$\bar{X} \cdot q$: média do caractere q ;

$s \cdot q$: desvio padrão fenotípico entre as culturas/cultivares no caractere q .

Como a variável padronizada assume valores positivos e negativos, para facilitar a visualização gráfica foi somada uma constante de valor 3 de acordo com Nunes et al. (2005), de modo a tornar os valores de Z_{iq} sempre positivos. Dessa forma essa mesma constante torna-se a média padrão do método. Contudo, para alguns caracteres, como exemplo dias de florescimento (Flor), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina, a interpretação de quanto menor valor, melhor é o desempenho. Desta forma, foi necessário fazer um ajuste de inversão, as que apresentaram desempenho abaixo da média (desejável) foram transformadas para valores acima da média, com o intuito que as plotagens gráficas fossem padronizadas para todos os caracteres.

O coeficiente de variação dos Z_{iq} para a cultura/cultivar i nos diferentes caracteres (CV_{iq}) fornece uma medida da plasticidade fenotípica da cultura/cultivares i , ou seja, quanto menor for este parâmetro e associado com desempenho a cima da média no maior número de caracteres, melhor é o desempenho da cultura/cultivar. Utilizando-se os valores padronizados (Z_{iq}), foram construídos gráficos para cada cultura i , e para cada cultivar, sendo as dimensões dos eixos (caracteres) equivalentes aos valores de Z_{iq} da cultura/cultivar i na variável q .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se variabilidade para as quatro culturas dentre a maioria dos caracteres agronômicos avaliados nas condições ambientais do semiárido cearense, ou seja, as cultivares apresentaram comportamento fenotípico distintos em cada cultura para esses caracteres significativos ($p < 0,05$) (Tabela 3). Destaca-se a boa precisão experimental da maioria dos caracteres agronômicos, exceto para os caracteres de produtividade de grãos (GRÃOS) em relação peso de grãos sobre a massa seca da planta (GRÃOS/PL) ambos da cultura do sorgo. Este fato ocorreu devido ao ataque de pássaros que se alimentaram dos grãos desprotegidos das panículas de alguns genótipos.

Como destaque, observou-se que a cultura do milheto foi a mais precoce, a do girassol apresentou melhor relação folha sobre colmo, já a do milho apresentou melhor relação grãos sobre planta. A cultura com maior produtividade de massa seca de forragem foi a do sorgo, e com maior produtividade de grãos foi a do milho (Tabela 3). Mesmo em condições climáticas diferentes e a utilização de outras cultivares das mesmas culturas, Mello et al. (2006) e Oliveira et al. (2010a) confirmam a superioridade da cultura do sorgo com melhor desempenho produtivo de massa seca e a cultura do milho para produção de grãos.

Tabela 3 - Teste F, média e coeficiente de variação (CV%) dos sete caracteres agrônômicos das quatro culturas anuais avaliadas na safra 2015, Sobral/CE

ℓ	IRC2.IRC1	DMF	AP	FOL/COL	GRÃOS/PL	PROD.MS	GRÃOS
Milho	0,02 [*]	1,43 ^{ns}	0,17 ^{**}	0,007 ^{ns}	0,13 ^{ns}	13185669,66 [*]	3906094,20 ^{ns}
Média	0,59	48	1,7	0,61	1,65	7.607	5.813
CV (%)	11,62	2,51	4,76	15,55	11,92	20,44	20,92
Sorgo	0,01 ^{ns}	25,02 ^{**}	1,89 ^{**}	0,06 ^{ns}	0,37 ^{ns}	47090636,63 ^{**}	1731682,02 ^{ns}
Média	0,81	57	1,7	0,27	0,63	9.347	2.245
CV (%)	8,55	0,98	5,37	52,15	54,67	26,87	40,23
Girassol	0,006 ^{ns}	40,44 ^{**}	0,004 ^{ns}	0,12 [*]	0,07 ^{ns}	5231764,04 ^{ns}	24061,05 ^{ns}
Média	0,96	49	1,4	0,86	1,10	7.072	1.508
CV (%)	7,92	2,14	7,72	12,49	16,90	19,05	19,46
Milheto	0,001 ^{ns}	44,44 ^{**}	0,064 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,063 ^{ns}	9364036,25 ^{ns}	742504,99 ^{ns}
Média	0,96	43	1,8	0,25	0,81	8.557	2.863
CV (%)	10,79	1,21	6,41	35,10	24,60	22,90	24,69

ℓ IRC2.IRC1 - Índice relativo de Clorofila aos 45 dias/aos 35 dias; DMF - número de dias para florescimento masculino; AP - Altura de plantas (m); FOL/COL - Relação folha e colmo; GRÃOS/PL - relação peso de grãos sobre a massa seca de folhas mais colmo; PROD.MS - estimativa da produtividade de matéria seca de forragem (kg ha⁻¹); GRÃOS - Estimativa de produtividade de grãos (kg ha⁻¹); ns - não significativo, ** - significativo a 1% e * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Em relação aos caracteres bromatológicos avaliados para as quatro culturas observou-se que o teor de proteína bruta (PB) do girassol e do milheto foram superiores as demais culturas, enquanto o milho apresentou resultados semelhantes ao sorgo (Tabela 4).

A concentração de extrato etéreo da cultura do girassol foi, aproximadamente, quatro vezes superior em relação às culturas do milho, sorgo e milheto. Resultados semelhantes foram encontrados por Martins et al. (2014), comprovando que o elevado teor de extrato etéreo presente na cultura do girassol tornar-se o principal entrave desta planta forrageira. Isto porque, segundo Tomich et al. (2004), volumosos com mais de 7% de extrato etéreo são relacionados com reduções na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra e na taxa de motilidade no trato ruminal.

O sorgo, girassol e milheto tiveram as maiores frações de lignina, que foram superiores à do milho, isto também foi constatado por Melo et al. (2004) avaliando milho, sorgo e girassol que apresentaram teores de lignina de 4,7%, 5,1% e 7,2%, respectivamente. A lignina é indigestível, conforme Oliveira et al. (2010b), dependendo da sua concentração a mesma pode limitar a extensão da digestão dos componentes da parede celular.

Tabela 4 - Análise de variância, média e coeficiente de variação (CV%) dos nove caracteres bromatológicos das quatro culturas anuais avaliadas na safra 2015, Sobral/CE

ℓ	CZ	MO	PB	EE	FDN	FDA	HCEL	CEL	LIG
Milho	0,88 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,34 ^{ns}	30,86 ^{ns}	10,19 ^{ns}	11,70 ^{ns}	10,39 ^{ns}	1,99 ^{ns}
Média	5,8	94,1	7,2	2,1	47,8	25,3	22,4	18,9	5,9
CV (%)	11,70	0,73	12,69	22,45	6,07	7,66	11,30	11,59	17,69
Sorgo	3,83 ^{ns}	4,94 [*]	5,76 [*]	0,67 [*]	34,67 ^{ns}	18,95 ^{ns}	8,72 ^{ns}	15,35 ^{ns}	3,06 ^{ns}
Média	8,4	91,9	7,2	2,4	43,5	27,2	16,2	19,2	7,8
CV (%)	1,73	11,94	16,54	15,73	9,86	21,71	16,70	23,22	32,76
Girassol	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,73 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,54 [*]	2,98 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Média	15,0	84,9	15,2	9,8	26,2	21,9	4,4	15,3	7,0
CV (%)	6,83	1,21	4,40	5,38	10,80	13,78	7,28	12,91	9,87
Milheto	1,74 ^{ns}	1,74 ^{ns}	2,16 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,17 ^{ns}	4,08 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Média	9,4	90,5	8,2	2,0	45,6	30,9	15,1	24,1	7,1
CV (%)	9,85	1,03	12,61	28,19	3,13	7,84	14,92	8,28	9,28

^ℓ CZ - Cinzas (%); MO - Matéria Orgânica (%); PB - Proteína Bruta (%); EE - Extrato etéreo (%); FDN - Fibra em detergente Neutro (%); FDA - Fibra em detergente Ácido (%); HCEL - Hemicelulose (%); CEL - Celulose (%); LIG - Lignina (%); ^{ns} - não significativo, ^{**} - significativo a 1% e ^{*} - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

No intuito de realizar a interpretação dos dados de forma ampla, fidedigna e sucinta, lançou-se mão do método gráfico (NUNES et al., 2005) adaptado para análise de plasticidade fenotípica, que permite uma avaliação geral do comportamento fenotípico de cada cultura. A interpretação do gráfico baseia-se no formato da linha sólida, referente ao comportamento da cultura. Dessa forma, se ela aproximar do formato de uma circunferência e transcende externamente a linha pontilhada, referente a média padronizada para todos os caracteres, verifica-se que a cultura possui uma melhor plasticidade fenotípica nas condições avaliadas. Este fato é comprovado pelo menor ($CV_{iq}\%$) entre as culturas.

Em relação a cada subconjunto de caracteres, agronômicos e bromatológicos, a cultura do milho destacou-se nos caracteres agronômicos e a cultura do girassol para os caracteres bromatológicos. Contudo, assim como enfatizado anteriormente, a análise conjunta de todos os caracteres apresenta melhor assertividade do que uma análise parcial. Dessa forma, considerando a abordagem conjunta de todos os caracteres avaliados observou-se pelo formato dos gráficos associado aos menores coeficientes de variação do método ($CV_{iq}\%$), que as culturas do sorgo e milheto destacaram com boa plasticidade fenotípica, respectivamente, em condições de sequeiro do semiárido cearense (Figura 2). Fica evidente que o desempenho equilibrado para a maioria dos caracteres dessas duas culturas está relacionado à adaptação a menor exigência hídrica, uma vez que a cultura do

sorgo exige 15% (LIMA et al., 1999) e a do milho 25 % (TABOSA et al., 1999) menos água do que milho e girassol (CHAPMAM e CARTER, 1976) para cada quilo de massa seca de forragem produzida. Em comparação com as três culturas (milho, sorgo e girassol), Melo et al. (2004) e Oliveira et al. (2010a) concluíram que a cultura do sorgo e do milho apresentaram produtividade de silagem superior apesar de menor qualidade nutricional do que a cultura do girassol.

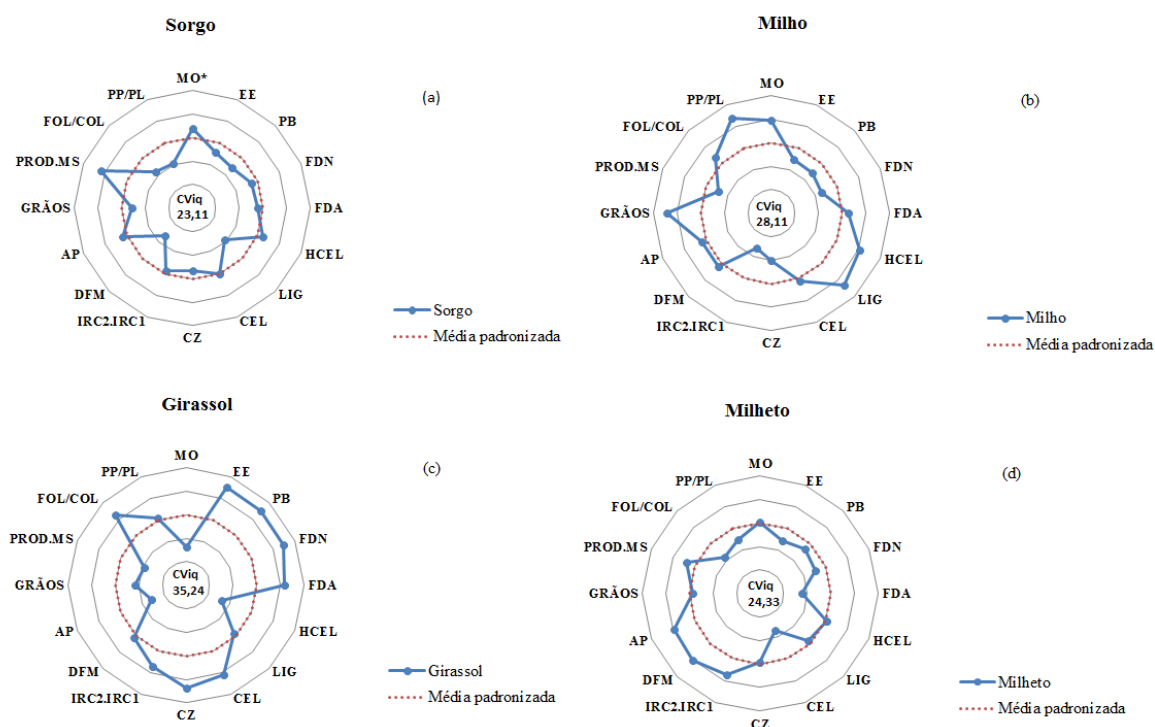


Figura 2 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica e porcentagem do coeficiente de variação ($CV_{iq}\%$) para as médias das cultivares das culturas do sorgo (a), milho (b) girassol (c) e milheto (d) avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE, 2015.

* MO - Matéria Orgânica (%), EE - Extrato etéreo(%), PB - Proteína bruta (%), FDN - Fibra em detergente Neutro (%), FDA - Fibra em detergente Acido (%), HCEL - Hemicelulose (%), LIG - Lignina (%), CEL - Celulose (%), CZ - Cinzas (%), IRC2.IRC1 - Relação índice relativo de clorofila após 30 dias e índice relativo de clorofila após 45 dias, DFM - número de dias de florescimento masculino, AP - Altura de Planta (m), GRÃOS - Produtividade de grãos (kg ha^{-1}), PROD.MS - Produtividade de massa seca de forragem (kg ha^{-1}), FOL/COL - Relação folha e colmo, PP/PL - Relação panícula e planta.

Poucos trabalhos fizeram uma comparação entre os desempenhos produtivos e nutricionais dessas quatro culturas em conjunto. Mello et al. (2004) encontraram resultados semelhantes, ao comparar as culturas de sorgo, milho e girassol na época de safra no Rio Grande do Sul. Os autores observaram que as culturas de milho e sorgo foram quantitativamente superiores no desempenho produtivo do que a de girassol, enquanto as

silagens de milho e girassol foram qualitativamente superiores ao do sorgo. Segundo os mesmos autores, a silagem de girassol apresentou maior teor proteico, energético e mineral que as silagens de milho e sorgo. No entanto, existem cautelas quanto à utilização deste volumoso, quando fornecido como fonte única na dieta de ruminantes, conforme parâmetros como os altos teores de extrato etéreo (acima de 10%) e baixo teor de matéria seca (menor que 25%) (NEUMANN et al., 2009).

Em todas as quatro culturas avaliadas observou-se o desempenho distinto entre as cultivares para alguns caracteres agronômicos e bromatológicos. Este fato sugere que é possível identificar quais cultivares são mais adaptadas para as condições que foram avaliadas.

4. CONCLUSÕES

A análise de plasticidade fenotípica dos caracteres padronizados pelo somatório Z permite melhor decisão sobre o desempenho das culturas quando se consideram grandes quantidades de caracteres. Oportunamente, diferentes pesos econômicos podem ser utilizados para cada um dos caracteres considerados.

As culturas do sorgo e do milheto se destacam com boa plasticidade fenotípica no conjunto de caracteres avaliados em condições de sequeiro no semiárido cearense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC, **Official Methods of Analysis**, 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 2016.
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Wisconsin, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.
- CHAPMAN, S.R.; CARTER, L.P. **Crop production, principle and practice**. San Francisco: W.H. Freeman, 1976. 566p.
- CRUZ, C.D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.38, p. 547-552, 2016.

- FERNANDES, V.L.B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.
- LIMA, G.S.; LIRA, M.A.; TABOSA, J.N. Estudo comparativo da resistência à seca do sorgo forrageiro (*sorghum bicolor* L.) moench) em diferentes estádios de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.11, n.especial, p.37-46, 1999.
- MARTINS, M.A.; ALVALÁ, R.C.S.; TOMASELLA, J. Modelos de produtividade agrícola aplicados à agricultura de sequeiro: Limitações e Vantagens para avaliação de colapso de safras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 10, p. 41-48, 2014.
- MELLO, R.; NORNBORG, J.L.; RESTLE, J. et al. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.672-682, 2006.
- MELO, R.; NORNBORG, J.L.; ROCHA, M.G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e Girassol para silagem. **Revista Brasileira Agrociência**, v.10, n.3, p.87-95, 2004.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R. et al. Girassol (*Helianthus annuus* L.) para produção de silagem de planta inteira. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 2, p. 8-15, 2009.
- NUNES, J.A.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the bean improvement cooperative**, Lavras, v.48, p. 182-183, 2005.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; VIANA, A.E.S. et al. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010a.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010b.
- PEREIRA, D.R.M.; GODOY, M.M.; SAMPAIO, C.C. et al. Uso do girassol (*Helianthus annuus*) na alimentação animal: Aspectos produtivos e nutricionais. **Revista Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 23, p. 174-183, 2016.

- PEREIRA FILHO, A.I.; ALVARENGA, R.C.; NETO, M.M.G. et al. **Cultivo do Milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados> > Acesso em: 20/06/2017.
- PEREIRA FILHO, A.I.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M. et al. **Cultivo do Milheto**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Disponível em:<<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados> > Acesso em: 20/06/2017.
- PINHO, R.M.; SANTOS, E.M.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Avaliação de genótipos de milheto para silagem no semiárido. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 426-436, 2013.
- REIS, C.A.F.; GONÇALVES, F.M.A.; RAMALHO, M.A.P. et al. Estratégias na seleção simultânea de vários caracteres no melhoramento do Eucalyptus. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 457-467, 2015.
- RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.G.; SCHAFFERRT, R.E. et al. **Cultivo do Sorgo**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados> > Acesso em: 20/06/2017.
- SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A. et al. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010a.
- SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A. et al. Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região semiárida Brasileira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 6, p. 1423-1429, 2010b.
- SILVA, T.C.; SANTOS, E.M.; AZEVEDO, J.A.G. et al. Agronomic divergence of sorghum hybrids for silage yield in the semiarid region of Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.1886-1893, 2011.
- TABOSA, J.N.; AZEVEDO NETO, A.D.; REIS, O.V. et al. Yiming harvest of forage pearl millet in semi-arid Pernambuco, Brazil. **International Sorghum And Millets Newsletter**, v.40, n.1, p.24-26, 1999.
- TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P. Características químicas e digestibilidade in vitro de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1672-1682, 2004.

UNGARO, M.R.G.; CASTRO, C.D.; FARIAS, J.R.B. et al. Girassol. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.) Agrometeorologia dos cultivos - o fator meteorológico na produção agrícola. **Anais...** Brasília, DF: INMET, 2009.p. 205-221.

VIANNA, V.F.; TREVISOLI, S.H.U.; DESIDÉRIO, J.A. et al. The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. **African Journal of Agricultural Research**, Jaboticabal, v. 8, p.162-169, 2013.

CAPÍTULO III
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTURAS ANUAIS PARA
PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM REGIÃO SEMIÁRIDA CEARENSE

RESUMO

Para recomendação de cultivares de culturas anuais forrageiras para uma determinada região, é indispensável a avaliação do desempenho em vários locais e verificação da adaptabilidade e estabilidade de cada cultivar testada. Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de adaptabilidade e estabilidade de cultivares híbridas e variedades de três culturas anuais (milho, milheto e sorgo) para produção de forragem em condições da região semiárida. No ensaio foi realizado um experimento para cada cultura, totalizando 18 experimentos em três locais (Sobral, Crato e Irauçuba) nos anos de 2016 e 2017 (milho, sorgo e milheto). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em cada ensaio e as parcelas foram constituídas de quatro linhas de quatro metros de comprimento com espaçamento de 0,75 m entre linhas. Foram avaliados caracteres agronômicos e bromatológicos das culturas analisando produtividade de massa seca por hectares durante os dois anos em três locais do estado do Ceará (Sobral, Irauçuba e Crato). De posse dos dados procedeu-se análise de variância dos caracteres agronômicos e bromatológicos e também avaliação pelo método gráfico. A variável produtividade massa seca (PROD.MS) foi submetida ao teste de agrupamento de médias de Scott e Knott (1974). Entre as cultivares avaliadas para a produtividade de massa seca de forragem, o BRS Ponta Negra (sorgo), AL Bandeirante (milho) e BRS 1501 (milheto) apresentaram maiores adaptabilidade e estabilidade, podendo ser recomendadas aos produtores quanto para servir como população base em programas de melhoramento para essas culturas em região semiárida.

Palavras-chave: Milho forrageiro, Sorgo silageiro, Milheto forrageiro.

ABSTRACT

For the advice of cultivars of annual forage crops for a given region, it is essential to evaluate the performance in several locations and verify the adaptability and stability of each tested cultivar. The present work was carried out to evaluate the adaptability and stability performance of hybrid cultivars and varieties of three annual crops (maize, millet and sorghum) for forage production under semiarid conditions. The experiment was carried out for each crop, totaling 18 experiments at three sites (Sobral, Crato and Irauçuba) in the years 2016 and 2017 (corn, sorghum and millet). The experimental design was a randomized block design with three replicates in each experiment and the plots consisted of four lines of four meters in length with spacing of 0.75 m between rows. Agronomic and bromatological traits of the crops were evaluated by analyzing dry matter yield per hectare during two years in three sites in the state of Ceará (Sobral, Irauçuba and Crato). It was performed the analysis of variance of the data of the agronomic and bromatological traits and also by the graphic method. The forage dry matter yield (FDMY) variable was submitted to the Scott and Knott (1974) means clustering test. Among the cultivars evaluated for FDMY, BRS Ponta Negra (sorghum), AL Bandeirante (maize) and BRS 1501 (millet) presented greater adaptability and stability, and can be advice to growers as well as to serve as the base population in breeding programs for these crops in the semiarid region.

Key words: Forage maize, Silage sorghum, Forage millet.

1. INTRODUÇÃO

Em razão das distintas condições ambientais existentes no Nordeste brasileiro (Silva et al., 1993), há necessidade de conhecer o comportamento fenotípicos do genótipos em diferentes ambientes (DUARTE e ZIMMERNAN, 1994). Nesse caso, são necessários estudos para seleção de genótipos de plantas mais adaptadas e estáveis às características edafoclimáticas de cada região (SANTOS et al., 2010).

A capacidade dos genótipos em assimilarem vantajosamente o estímulo ambiental, uma vantagem do ponto de vista do rendimento agrícola, isto é, a adaptabilidade é avaliada pelo desempenho médio do genótipo, e quando estes genótipos exibirem um desempenho o mais constante possível em função das variações de diversos ambiente refere-se a estabilidade entre os genótipos (MARIOTTI et al., 1976).

Em programas de melhoramento, as estimativas da capacidade de combinação auxiliam na escolha de genitores e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ et al., 2004). Estudos dessa natureza podem contribuir com os programas de melhoramento genético e possibilitam recomendar a técnicos e produtores, cultivares que apresentem melhor relação entre produção e valor nutritivo.

As seleções de genótipos superiores por meio da avaliação simultânea de informações originais contendo os caracteres de interesse, têm contribuído efetivamente na identificação dos genótipos a serem utilizados nos programas de melhoramento genético de diversas culturas (VIANNA et al., 2013). Dessa forma, foi utilizada a metodologia do método gráfico para estudos de adaptabilidade e estabilidade sugerido por Nunes et al. (2005) por ser uma aplicação de fácil visualização e interpretação dos resultados.

Diante do contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho para a produção de forragem de diferentes cultivares de três culturas anuais (milho, milheto e sorgo) para estabilidade e adaptabilidade em condições de sequeiro da região semiárida cearense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área experimental

Os experimentos de estabilidade e adaptabilidade das cultivares foram conduzidos nas safras de 2016 e 2017. As áreas experimentais foram: Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral/CE; Fazenda Preto, localizada no município de Irauçuba/CE e no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, situado no município de Crato/CE.

2.1.1 Sobral/CE

As duas áreas experimentais utilizadas em Sobral/CE pertencem a Embrapa Caprinos e Ovinos, localizadas a 3°41'S de latitude, longitude de 40°20'W, a primeira área experimental situada em altitude de 70 m e a segunda área experimental com altitude de 80 m. O clima da região é do tipo BSh, semiárido quente, segundo a classificação de Koppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. Os ensaios experimentais avaliados no ano 2016 foram conduzidos na primeira área experimental. O experimento conduzido no ano de 2016 (data do plantio e colheita: 07 de março a 13 de junho) a precipitação foi de 489,5 mm (Figura 1). Nos experimentos avaliados no ano de 2017 foram conduzidos na segunda área experimental, e a precipitação (data de plantio e colheita: 24 de fevereiro a 18 de maio) foi de 823,8 mm (Figura 2). Em relação a frequência das chuvas, distribuídas ao longo dos experimentos, no ano de 2016 na segunda quinzena de abril para maio apresentou veranicos de 15 dias, e nos meses de maio a junho apresentou veranicos de 29 dias (Figura 1). Enquanto que no ano de 2017 apenas ocorreu um veranico de 9 dias no mês de maio (Figura 2).



Figura 1 - Precipitação diária dos meses março a julho de 2016, no município de Sobral/CE.

Fonte: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2016.



Figura 2 - Precipitação diária dos meses de fevereiro a maio de 2017, no município de Sobral/CE.

Fonte: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017.

2.1.1.2 Irauçuba/CE

A área experimental da Fazenda Preto fica localizada no município de Irauçuba/CE, situada com latitude de 03°65'S, longitude de 40°05' W e com altitude de 112 m, clima do tipo BSh, semiárido quente segundo a classificação de Koppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média foi de 27,4°C, com máxima de 38,4°C e mínima de 19,8°C, e a precipitação durante o ensaio no ano de 2016 (data de plantio e colheita: 22 de março a 23 de junho) foi de 209,2 mm (Figura 3) e a precipitação durante o ensaio no ano de 2017 (data de plantio e colheita: 09 de março a 01 de junho) foi de 372,7 mm (Figura

4). No ano de 2016, ocorreu na segunda quinzena de maio para junho um veranico de 18 dias (Figura 3) e no ano de 2017, no mês de maio, ocorreu um veranico de 16 dias (Figura 4).



Figura 3 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2016, no município de Irauçuba/CE.

Fonte: Fazenda Preto, 2016.

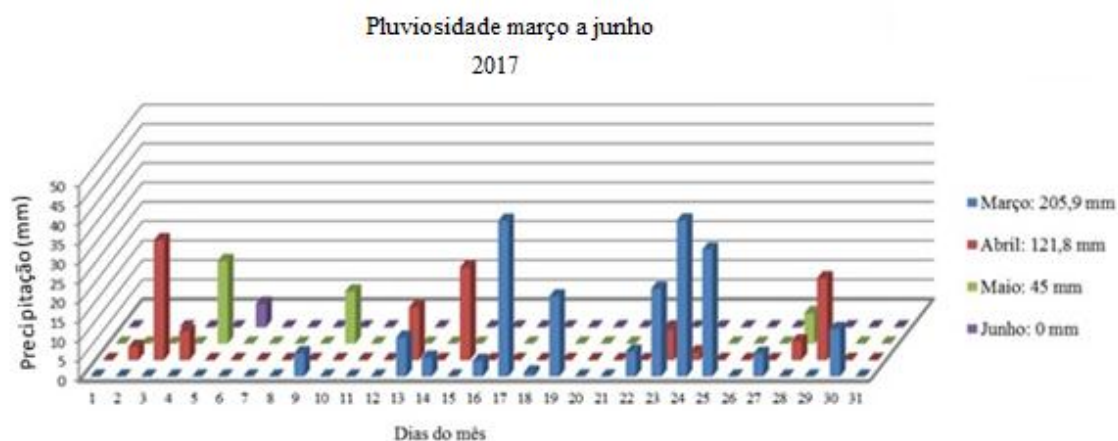


Figura 4 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2017, no município de Irauçuba/CE.

Fonte: Fazenda Preto, 2017.

2.1.1.1 Crato/CE

Na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará campus Crato/CE, situado na Microrregião do Cariri cearense, a 7°12' de latitude sul e 39° 26' de longitude oeste, com altitude equivalente a 426,9 m. O clima da região é tropical quente subúmido, com temperatura média anual entre 24° a 26°C, pluviosidade em

torno de 1.090,9 mm anuais e período chuvoso de janeiro a maio (IPECE, 2013). A precipitação durante o ensaio no ano de 2016 (data do plantio e colheita: 16 de março a 20 de junho) foi de 362 mm (Figura 5), e a precipitação durante o ensaio no ano de 2017 (data de plantio e colheita: 07 de março a 30 de maio) foi de 274 mm (Figura 6). No ano de 2016 ocorreram veranicos de 13 dias na primeira quinzena de abril e de 17 dias na segunda quinzena de maio (Figura 5), e no ano de 2017, na segunda quinzena de abril, ocorreu um veranico de 15 dias (Figura 6).

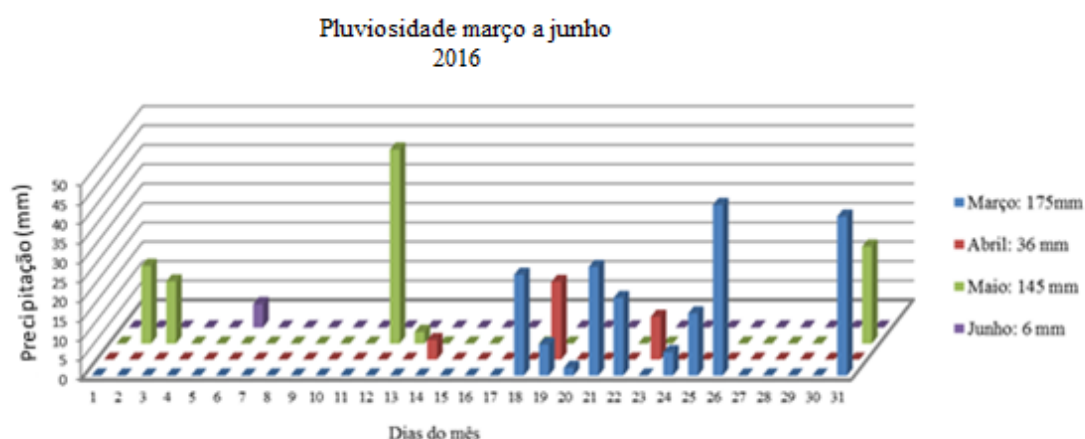


Figura 5 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2016, no município de Crato/CE.

Fonte: IFCE campus Crato, 2016.

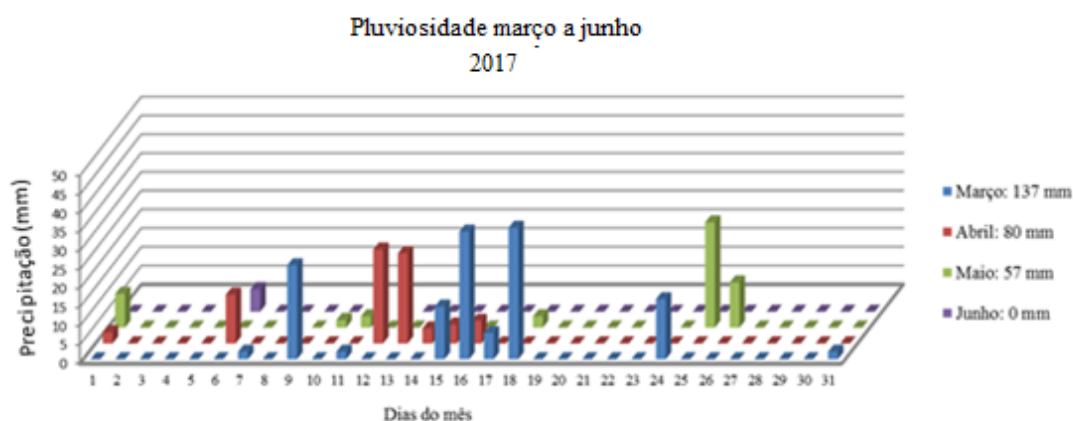


Figura 6 - Precipitação diária dos meses de março a junho de 2017, no município de Crato/CE.

Fonte: IFCE campus Crato, 2017.

2.1.2 Solo

O solo referente à primeira área experimental de Sobral/CE é classificado tipo Neossolo Flúvico e antes do plantio foi coletada amostra de solo para caracterização da fertilidade do solo na camada de 0-0,2 m, conforme Tabela 1, sendo que em Sobral no ano de 2016 os atributos químicos do solo apresentavam as seguintes interpretações: acidez baixa para o pH, valores médio para M.O e K, alto para Mg e muito alto para P e Ca. O solo referente à segunda área experimental de Sobral/CE é classificado como Luvisolo Háptico e apresenta os seguintes atributos químicos: acidez baixa para pH, valores médio para M.O, P e K e alto para Ca e Mg. Na área experimental em Crato/CE o solo é classificado como Argiloso Vermelho Amarelo, com as seguintes classificações para os atributos químicos na profundidade de 0-0,2 m: acidez baixa, valores de M.O e Mg médios, médio para P, Mg e K (Tabela 1). No experimento de Irauçuba/CE, o solo da área é classificado como Planossolo Solódico, cuja classificação dos atributos químicos do solo na profundidade a 0-0,2 m são: alta alcalinidade para o pH, valores baixo para M.O, K e alto teores de Ca e Mg (Tabela 1). A classificação dos atributos químicos do solo foram realizados segundo Fernandes (1993).

Tabela 1 - Atributos químicos do solo das áreas experimentais

Área Experimental		pH	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
		H ₂ O	dag/kg	mg/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	%
SOBRAL/2016	0-0,2 m	6,9	2,1	44,0	0,82	0,2	6,9	2,4	1,3	0,0	9,6	10,9	88,0
SOBRAL/2017	0-0,2 m	5,8	1,4	8,6	0,93	0,0	6,7	3,6	3,1	0,0	10,6	13,7	77,0
IRAUCUBA/2016	0-0,2 m	8,2	1,3	4,7	0,36	0,5	8,0	2,0	0,6	0,0	10,9	11,5	95,0
IRAUCUBA/2017	0-0,2 m	8,6	1,1	5,2	0,21	0,7	7,8	1,8	0,3	0,0	10,5	10,9	97,0
IFCE CRATO/2016	0-0,2 m	6,5	2,4	16,7	0,38	0,1	8,6	0,9	2,7	0,0	9,9	12,7	78,4
IFCE CRATO/2017	0-0,2 m	6,2	2,1	10,3	0,28	0,1	8,7	0,9	2,9	0,0	9,9	12,8	77,1

pH - potencial hidrogeniônico; M.O - matéria orgânica; P - fósforo; K - potássio; Na - sódio; Ca - cálcio; Mg - magnésio; H+Al - acidez potencial; Al - alumínio; SB - soma de bases; CTC - capacidade de troca catiônica; V - saturação por bases.

2.1.3 Cultivares

Nos ensaios de estabilidade e adaptabilidade nos anos 2016 e 2017 foram avaliados diferentes tipos de cultivares: variedades (V) e híbridos (duplo - HD) das culturas do sorgo, milho e milheto, conforme descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Culturas e cultivares avaliadas na safra agrícola 2016 e 2017

Cultura	Cultivar	Tipo de cultivar	Empresa de Origem [§]	Situação ^ℓ
Sorgo	BRS Ponta Negra	Variedade	EMBRAPA	Registrada
Sorgo	IPA 467	Variedade	IPA	Registrada
Sorgo	Catissorgo	Variedade	DSMM/CATI	Registrada
Milho	BRS 2020	Híbrido duplo	EMBRAPA	Registrada
Milho	AL Bandeirante	Variedade	DSMM/CATI	Registrada
Milho	BRS Gorutuba	Variedade	EMBRAPA	Registrada
Milho	AL Avaré	Variedade	DSMM/CATI	Registrada
Milheto	BRS 1501	Variedade	EMBRAPA	Registrada
Milheto	ADR 500	Variedade	ADRIANA AGRÍCOLA	Registrada
Milheto	ADR 300	Variedade	ADRIANA AGRÍCOLA	Registrada

[§] EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco; DSMM/CATI - Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes/Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

^ℓ Registrada ou não no Registro Nacional de Cultivares - RNC.

2.1.4 Manejo das culturas

Em todas as áreas experimentais, o plantio das culturas foi realizado após o preparo do solo com uma aração (0-0,2 m) seguida de uma gradagem niveladora. Com auxílio de cultivador foi realizado sulcamento com espaçamento de 0,75 m entre linhas. A densidade de plantas foi ajustada conforme recomendação para produção de forragem de cada cultura, sendo milho com 66.667 mil plantas ha⁻¹, conforme Pereira Filho et al. (2015), o sorgo com 120.000 mil plantas ha⁻¹ segundo Rodrigues et al. (2015), o milheto com 180.000 mil plantas ha⁻¹, conforme Pereira Filho et al. (2016) e o girassol com 45.000 mil plantas ha⁻¹, conforme Ungaro et al. (2009). Foi realizado uma capina e os desbastes das plantas para cada cultura deixando uma planta por cova na fase de 4 folhas expandidas.

2.1.5 Fertilizantes

Em todos os locais as áreas destinadas para implementação dos ensaios experimentais tinham um histórico apenas de pastagens degradadas ou caatinga nativa. Dessa forma a coleta de amostras de solo para análise de fertilidade foi concomitante com o preparo da área para o plantio. Como a janela de plantio no semiárido cearense é bastante curta (SDA, 2017), no momento da implantação das culturas no campo, as análises de fertilidade do solo não estavam prontas. Diante desse cenário, com intuito de obter maior

padronização nas conduções dos ensaios das culturas avaliadas, foi adotado a recomendação de adubação para o estado do Ceará (FERNANDES, 1993).

Em todos os ensaios foram realizadas duas adubações, sendo uma no plantio e outra de cobertura. Em ambas as adubações de todas as culturas, foi adaptado a recomendação feita para cultura do milho em solos com baixo conteúdo de fósforo (FERNANDES, 1993). Dessa forma, foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 80 kg ha⁻¹ fósforo (P₂O₅), 60 kg ha⁻¹ potássio (K₂O), respectivamente, e uma adubação de cobertura que foi realizada quando as plantas estavam no estágio de 4-5 folhas totalmente expandidas, sendo aplicados 80 kg ha⁻¹ de N.

2.1.6 Delineamento Experimental

Para estabilidade e adaptabilidade foram 18 ensaios em três locais (Sobral, Crato e Irauçuba) nos anos de 2016 e 2017 (milho, sorgo e milheto). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em cada ensaio e as parcelas foram constituídas de quatro linhas de quatro metros de comprimento com espaçamento de 0,75 m entre linhas.

As características agronômicas avaliadas foram: índice relativo de clorofila (IC1) no pendoamento (média de 5 folhas aleatórias na parcela da 4ª folha abaixo do pendão/panícula/capítulo); índice relativo de clorofila (IC2) no momento do corte (média de 5 folhas aleatórias na parcela da 4ª folha abaixo do pendão/panícula/capítulo); IC2.IC1 - Relação entre IC2 sobre IC1. O índice relativo de clorofila foi determinado pelo aparelho clorofilômetro marca Minolta (modelo SPAD-502); DFF - número de dias para o florescimento feminino observando 50% da parcela com o florescimento; DFM - número de dias para o florescimento masculino observando 50% da parcela com o florescimento; AP - altura de plantas (m) coletada na altura do solo à base da última folha “bandeira” e para cultura do girassol à base da isenção do capítulo; AE - altura de espiga (m); FOL/COL - relação massa seca folha sobre massa seca colmo (%) (média de três plantas aleatórias da parcela); GRÃOS/PL - relação peso de grãos sobre a massa seca de folhas mais colmo; PROD.MS - estimativa da produtividade de massa seca de forragem, quilos por hectare (kg ha⁻¹), oriundas de duas linhas por parcela; GRÃOS - estimativa da produtividade de grãos, em quilos por hectare, oriunda da colheita de duas linhas por parcela, a qual foi corrigida para estande conforme Cruz (2016) e para umidade a 13%.

Os caracteres bromatológicos foram avaliados apenas no local Sobral no ano de 2016, em todas as culturas. Amostras compostas das cultivares de cada cultura avaliada (milho, sorgo e milheto) depois de moídas, foram levadas para a estufa de 55°C, por 72 horas, para a determinação dos pesos de massa fresca e massa seca. Em seguida as amostras foram moídas no moinho tipo Willey em peneira com malha de 1 mm para determinação dos teores dos seguintes caracteres bromatológicos: matéria orgânica (MO), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE) utilizando as técnicas de AOAC (1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest et al. (1991), proteína bruta (PB) foi determinada pelo método de Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1995), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL), lignina (LIG), segundo a metodologia descrita por Pereira e Rossi Jr. (1995) e DMO - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica foi determinada pelo procedimento de Tilley e Terry (1963). Para os ensaios referentes aos locais Crato e Irauçuba, apenas os caracteres agrônômicos: DFF, DFM, AP, AE e PROD.MS foram coletados nos dois anos de avaliação.

Para todos os ensaios os dados foram verificados ao atendimento das pressuposições da análise de variância, para a normalidade dos erros, homogeneidade das variâncias e quando não atendidas foi feita transformações dos dados conforme Box e Cox (1964). Os dados de cada variável foram avaliados através do teste F, para análises de variância (ANOVA), conforme o modelo estatístico:

$$Y_{IJ} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : é a observação do i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco;

μ : é o efeito fixo da média geral do ensaio para cada cultura;

t_i : é o efeito fixo do i-ésimo tratamento (i= 1,2,3, ..., n);

b_j : é o efeito aleatório do j-ésimo bloco;

e_{ij} : é o efeito aleatório do erro experimental do i-ésimo tratamento dentro do j-ésimo bloco, assumindo que os erros são independentes e, normalmente, distribuídos com média zero e variância σ^2 .

A variável produtividade massa seca (PROD.MS) foi submetida ao teste de agrupamento de médias de Scott e Knott (1974).

Posteriormente, procedeu-se à análise conjunta envolvendo todos os locais e anos, adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{IJ} = \mu + t_i + k_l + a_z + b_{j(l)} + (tk)_{il} + (ta)_{iz} + (ka)_{lz} + e_{ijlz}$$

Em que:

Y_{ij} : é a observação do i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco;

μ : é o efeito fixo da média geral do ensaio para cada cultura;

t_i : é o efeito fixo do i-ésimo tratamento ($i= 1,2,3, \dots, n$);

k_l : é o efeito fixo do l-ésimo local;

a_z : é o efeito fixo do z-ésimo ano;

$b_{j(l)}$: é o efeito aleatório do j-ésima repetição no local l;

$(tk)_{il}$: é o efeito fixo da interação tratamento x local;

$(ta)_{iz}$: é o efeito fixo da interação tratamento x ano;

$(ka)_{lz}$: é o efeito fixo da interação local x ano

e_{ijl} : erro experimental $e_{ijl} \sim N(0, \sigma^2)$

Para a avaliação foi utilizado o método gráfico adaptado sugerido por Nunes et al. (2005) conforme utilizado por Reis et al (2015). Foi estimada uma média geral por caractere a partir do desempenho médio das cultivares em cada cultura. Dessa forma, a análise foi realizada em nível de cultura (média geral de todas cultivares por cultura). Em seguida, foi estimado o desvio padrão para cada caractere. As médias em cada caractere foram padronizadas foi pela seguinte expressão:

$$Z_{iq} = \frac{\bar{X}_{iq} - \bar{X}_{.q}}{s_{.q}}$$

Em que:

Z_{iq} : valor da variável padronizada correspondente a cultura i no caractere q ;

$\bar{X}_{iq}$: média da cultura i no caractere q ;

$\bar{X}_{.q}$: média do caractere q ;

$s_{.q}$: desvio padrão fenotípico entre as culturas no caractere q .

Como a variável padronizada assume valores positivos e negativos, para facilitar a visualização gráfica foi somada uma constante de valor 3 de acordo com Nunes et al. (2005), de modo a tornar os valores de Z_{iq} sempre positivos. Essa mesma constante foi considerada como a média padrão do método. Contudo, para alguns caracteres, como exemplo dias de florescimento masculino (DFM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG), a interpretação de quanto menor valor, melhor é o desempenho. Por isso, foi necessário fazer um ajuste de inversão,

as que apresentaram desempenho abaixo da média (desejável) foram transformadas para valores acima da média, com o intuito que as plotagens gráficas do método fossem padronizadas para todos os caracteres.

O coeficiente de variação dos Z_{iq} para a cultura i nos diferentes caracteres ($CV_{iq} \%$) fornece uma medida da plasticidade fenotípica das cultivares i , ou seja, quanto menor for este parâmetro e associado com desempenho acima da média no maior número de caracteres, melhor é o desempenho da cultura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação do gráfico para estabilidade e adaptabilidade baseia-se no formato da linha sólida, referente ao comportamento de produtividade da massa seca de forragem da cultivar, nos diversos ambientes. Se o formato da linha sólida aproximar do formato de uma circunferência, que reflete em menor ($CV_{iq} \%$), e ao mesmo tempo transcender externamente a linha pontilhada (referente a média padronizada), ou seja, apresenta maior média Z , a cultivar será classificada como estável e adaptável para as regiões testadas, respectivamente.

Observou-se variabilidade para as quatro cultivares de milho quanto a produtividade de massa seca de forragem nos seis ambientes avaliados em condições de sequeiro do semiárido cearense (Figura 7). A interpretação gráfica da estabilidade e adaptabilidade das cultivares permitiu fácil visualização tanto do desempenho geral de cada cultivar nos seis ambientes, quanto do desempenho específico para cada ambiente. Por exemplo, a cultivar BRS 2020 apresentou o melhor desempenho produtivo para o Crato/2017, ou seja, essa cultivar foi a mais adaptável para esse local nesse determinado ano (Figura 7-d). Diante deste resultado, torna possível utilizar a estratégia de capitalização da interação genótipos x ambientes, que preconiza a recomendação da melhor cultivar para cada local avaliado. Essas informações são importantes para pequenas empresas/produtores locais de sementes, principalmente, em situações que não existe histórico de avaliações e recomendações de cultivares para determinado local.

Contudo, para uma recomendação a nível regional, deve-se realizar uma interpretação mais abrangente, na qual se busca identificar as cultivares que apresentaram alta estabilidade e adaptabilidade do desempenho produtivo nos diversos ambientes. Entre as cultivares de milho avaliadas, a cultivar AL Bandeirante, apresentou o melhor

desempenho de estabilidade produtiva (menor $CV_{ia}\%$) e de adaptabilidade (maior média Z), o que proporcionou um gráfico com a linha sólida próximo ao formato circular além de transcender na maioria dos ambientes a linha pontilhada referente a média (Figura 7-b).

Esta combinação de desempenho do genótipo mais estável e ao mesmo tempo mais adaptável é essencial para recomendação de cultivares para uma região mais ampla com condições edafoclimáticas semelhantes. A cultivar AL Bandeirante foi lançada em 2002 pela CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada), e desde então, após contínuo processo de melhoramento, com destaque na melhoria de sua arquitetura de planta, se tornou uma cultivar de grande estabilidade de produção, sendo recomendada para maioria dos estados brasileiros, tornando-se umas das variedades de polinização aberta mais plantadas no Brasil (CATI, 2010), podendo atingir um potencial de produtividade de massa seca de aproximadamente de $14.554 \text{ kg ha}^{-1}$ em condições de semiárido (Tabela 6).



Figura 7 - Estabilidade e adaptabilidade pelo método gráfico de produtividade de massa seca, porcentagem do coeficiente de variação ($CV_{ia}\%$) e média Z das cultivares de milho (a) BRS 2020, (b) AL Bandeirante, (c) BRS Gorutuba e (d) AL Avaré avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.

Entre os tipos de cultivares avaliados de milho, a de melhor estabilidade e adaptabilidade foi uma variedade de polinização aberta, AL Bandeirante (Tabela 2), apresentando desempenho médio de produtividade de massa seca nos ambientes avaliados superior as outras cultivares (Tabela 3). Dessa forma, nota-se a importância dos ensaios de avaliação de desempenho para uma melhor recomendação da cultivar para determinada região, ou seja, não se pode generalizar a recomendação com base apenas no tipo da cultivar (híbrido ou variedade). Recomendações baseadas em ensaios de avaliações podem baratear o custo de produção para os produtores locais além de melhorar a produtividade média da produção de volumoso na região. A maioria dos trabalhos de adaptabilidade e estabilidade de milho em região semiárida brasileira está relacionada a produtividade de grãos, o que dificulta a comparação direta dos resultados, apesar de esse caractere ser um dos componentes de produção da biomassa. Carvalho et al. (2005) avaliaram quarenta e seis cultivares de milho para produtividade de grãos, em dois anos, em 11 locais do Nordeste brasileiro relatam que os híbridos apresentaram melhor adaptação do que as variedades, destacando-se nos ambientes favoráveis, sendo que entre as cultivares de variedade, o AL Bandeirante se comportou como exigente em condições desfavoráveis. Este comportamento também foi observado para produtividade de massa seca no ambiente desfavorável (Crato/2017), em que a cultivar AL Bandeirante teve desempenho abaixo da média (Tabela 3).

Não foi detectada interação significativa entre Cultivares x Anos e Cultivares x Locais, o que facilita a recomendação da cultivar de melhor desempenho. Contudo, Carvalho et al. (2005) constataram que a magnitude da variância da interação cultivares x locais foi mais expressiva do que a magnitude da variância da interação cultivares x anos, o que evidencia que é mais vantajoso avaliar as cultivares em um maior número de locais do que em um maior número de anos, e esta informação é de grande importância para orientação de futuros trabalhos de avaliação de cultivares, conforme Atroch et al. (2000).

Tabela 3 - Estimativas de produtividade de massa seca (kg ha^{-1}), média das cultivares e coeficiente de variação (CV%) e teste F das cultivares de milho avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017

Cultivares Milho	Produtividade MS kg ha^{-1}						
	Sobral	Crato	Irauçuba	Sobral	Crato	Irauçuba	Média
	2016			2017			
BRS 2020	14.554	5.055	8.178 a ^f	12.498 a	5.899 a	10.668 a	9.475
AL Bandeirante	14.279	5.477	8.598 a	14.554 a	4.285 b	11.629 a	9.803
BRS Gorotuba	12.545	3.120	6.154 b	11.275 a	3.675 c	8.535 b	7.551
AL Avaré	12.369	5.764	6.527 b	8.481 b	4.113 b	11.364 a	8.103
Média	13.437	4.854	7.364	11.702	4.493	10.549	-
Teste F	1,91 ^{ns}	1,09 ^{ns}	3,76 *	8,19 *	10,7 **	9,25 **	-
CV (%)	10,62	40,69	14,06	13,12	25,95	7,57	-
Teste F Análise conjunta							
Cultivares (C)	14,7 *						
Ano (A)	14,1 *						
Ambiente (L)	161,5 *						
Interação C X A	2,1 ^{ns}						
Interação C X L	2,1 ^{ns}						

^f Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). ^{ns}, * e ** - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

Em relação ao desempenho da plasticidade fenotípica dos caracteres agronômicos e bromatológicos, a cultivar AL Bandeirante se destacou por apresentar menor variação fenotípica entre os caracteres avaliados (menor $CV_{iq}\%$), em comparação com o desempenho das outras cultivares (Figura 8-b). Observou-se um bom desempenho para os caracteres GRÃOS, PROD.MS, PD/PL, HCEL, LIG, IRC e PB, o que mostra bom potencial genético dessa cultivar para ser cultivada no semiárido cearense (Tabela 4). Outra possibilidade de utilização da cultivar AL Bandeirante é servir como população base para programas de melhoramento com foco de lançamento de novas cultivares de variedades melhoradas para o semiárido cearense. Populações com alta média e variância dos caracteres de interesse apresentam avanços significativos de ganho de seleção quando utilizadas em programa de melhoramento genético (RAMALHO et al., 2012). Dessa forma, os principais aspectos a ser melhorado na cultivar AL Bandeirante são as relações folha/colmo e espiga/planta além de tornar o ciclo mais precoce, que apresentaram abaixo da média conforme visto no gráfico (Figura 8-b).

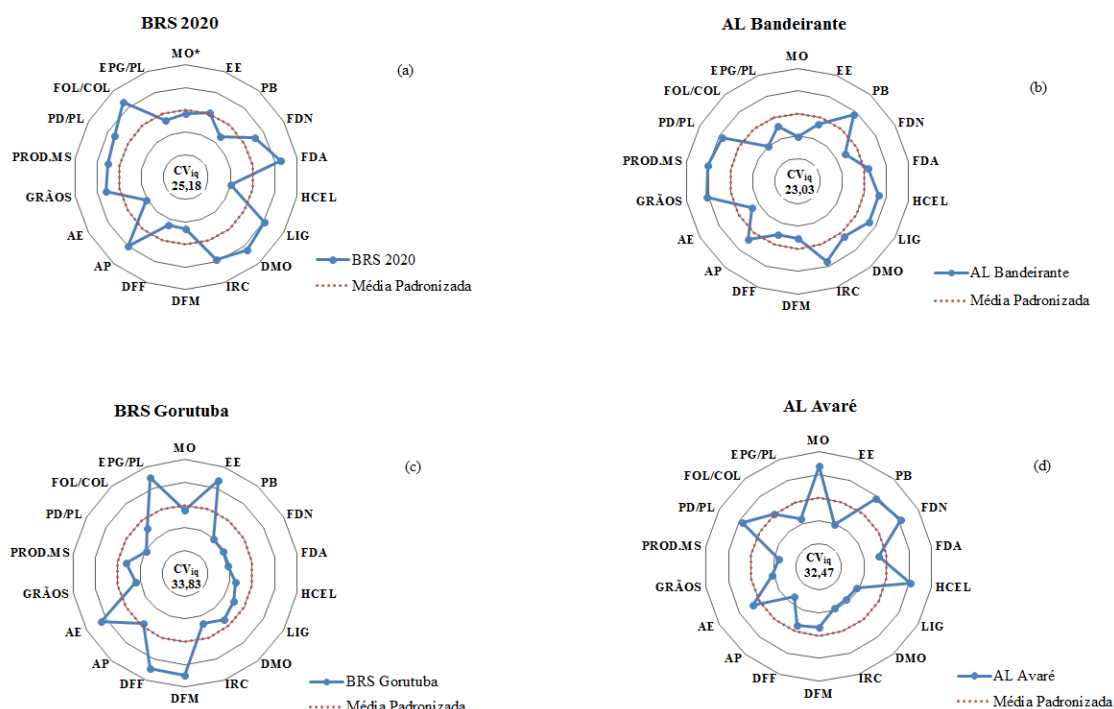


Figura 8 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{iq} %) para as médias das cultivares da cultura do milho (a), BRS 2020 (b), AL Bandeirante, (c) BRS Gorutuba e (d) AL Avaré avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE 2016.

* MO - Matéria Orgânica (%), EE - Extrato etéreo (%), PB - Proteína bruta (%), FDN - Fibra em detergente Neutro (%), FDA - Fibra em detergente Acido (%), HCEL - Hemicelulose (%), LIG - Lignina (%), DMO - Digestibilidade in vitro de matéria orgânica (%), IRC - Índice relativo de clorofila, DFM - Número de dias de florescimento masculino, DFF - Número de dias de florescimento feminino, AP - Altura de Planta (m), AE - Altura de espiga (m), GRÃOS - Produtividade de grãos (kg ha^{-1}), PROD.MS - Produtividade de massa seca de forragem (kg ha^{-1}), PD/PL - Relação entre pendão e planta, FOL/COL - Relação folha e colmo, EPG/PL - Relação espiga e planta.

Tabela 4 - Caracterização bromatológica e agronômica das cultivares de milho avaliadas em condições de sequeiro no período de 2016

Caracteres bromatológicos									
Cultivares	MO [§]	EE	PB	FDN	FDA	HCEL	LIG	DMO	-
BRS 2020	95,3	2,5	7,1	66,8	31,7	30,4	7,5	69,3	-
AL Bandeirante	94,3	2,4	7,9	75,8	33,0	42,7	7,9	67,7	-
BRS Gorotuba	95,3	2,7	6,9	79,6	34,6	32,2	9,1	66,7	-
AL Avaré	97,2	2,2	7,9	62,0	33,7	45,9	9,7	65,4	-
Caracteres agronômicos									
Cultivares	IRC	DFM	DFF	AP	AE	GRÃOS	PD/PL	FOL/COL	EPG/PL
BRS 2020	55,8	51	53	2,1	1,2	4.233	0,05	0,62	0,81
AL Bandeirante	55,3	50	52	2,0	1,2	4.625	0,04	0,54	0,79
BRS Gorotuba	51,1	43	45	2,0	0,9	2.957	0,05	0,56	1,34
AL Avaré	49,9	50	52	1,9	1,0	2.839	0,04	0,57	0,68

[§]MO - Matéria Orgânica (%), EE - Extrato etéreo (%), PB - Proteína bruta (%), FDN - Fibra em detergente Neutro (%), FDA - Fibra em detergente Acido (%), HCEL - Hemicelulose (%), LIG - Lignina (%), DMO - Digestibilidade in vitro de matéria orgânica (%), IRC - Índice relativo de clorofila, DFM - Número de dias de florescimento masculino, DFF - Número de dias de florescimento feminino, AP - Altura de Planta (m), AE - Altura de espiga (m), GRÃOS - Produtividade de grãos (kg ha⁻¹), PROD.MS - Produtividade de massa seca de forragem (kg ha⁻¹), PD/PL - Relação entre pendão e planta, FOL/COL - Relação folha e colmo, EPG/PL - Relação espiga e planta.

A cultura do sorgo, mesmo apresentando o ciclo mais tardio, na média de todos ambientes foi a mais produtiva em relação a massa seca dentre as três culturas avaliadas. Contudo, em Irauçuba/2016 foi à única cultura que não germinou nenhuma parcela do experimento. Vale ressaltar que o preparo de solo, adubação e época de plantio foram os mesmos para as três culturas nesse ambiente, sendo que a cultura do milho e do milheto apresentaram desenvolvimento satisfatório. Este fato não foi elucidado, uma vez que foi verificado com sucesso o poder de germinação das cultivares de sorgo, após esse acontecimento. Algumas suposições foram levantadas, como a ocorrência de algumas pragas verificadas na área, pássaros e lagartas que, possivelmente, alimentaram-se especificamente das sementes ou das plântulas do experimento de sorgo, ou até mesmo pode estar relacionado a alguns atributos do solo como alto valor do pH, ou seja, solo alcalino.

Dentre as três cultivares avaliadas nos cinco ambientes em termo de produtividade de massa seca, a cultivar BRS Ponta Negra apresentou a melhor adaptabilidade produtiva (maior valor de Z), além de alta estabilidade de desempenho na média dos ambientes (menor valor de CV_{ia}), como pode ser visto pelo formato do gráfico (Figura 9-a). Observou-se uma média de 13.696 kg ha⁻¹ de produtividade massa seca de forragem e com

potencial de produção de aproximadamente 19.244 kg ha⁻¹ de massa seca, apresentando um melhor desempenho em relação às outras cultivares (Tabela 5). Essa variedade foi obtida pela Embrapa Milho e Sorgo a partir da seleção em gerações segregantes de cruzamento, visando tolerância à toxicidade de Al⁺ e a seca, razões para sua inclusão nos ensaios para o Nordeste (SANTOS et al., 2007). Os mesmos autores afirmam que o bom desempenho dessa cultivar no semiárido pode ser creditado ao fato que no processo de melhoramento, avaliação e seleção foi realizado nas regiões dos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará. Atualmente, é uma das cultivares mais aceita e plantada na região semiárida brasileira, principalmente, pelos produtores familiares (SDA, 2017).

Em avaliação de cultivares de sorgo forrageiro na região semiárida do vale submédio do São Francisco, Santos et al. (2013) destacaram o desempenho da cultivar BRS Ponta Negra para produtividade de massa seca. Os mesmos autores ressaltam que estes resultados são interessantes para a agricultura familiar, ao possibilitar a produção de suas próprias sementes. O uso de variedades apresenta algumas vantagens em relação aos híbridos comerciais, devido à sua composição genética. Segundo Emygdio e Pereira (2006), três fatores tornam as cultivares varietais excelentes alternativas para os agricultores familiares, geralmente subcapitalizados ou de baixa tecnologia, que são: preço das sementes até cinco vezes menos que as cultivares híbridas; possibilidade de produção de sementes, uma vez que diferentemente dos híbridos, as variedades não perdem potencial produtivo quando semeadas na próxima safra e a maior plasticidade das variedades em condições de estresse.

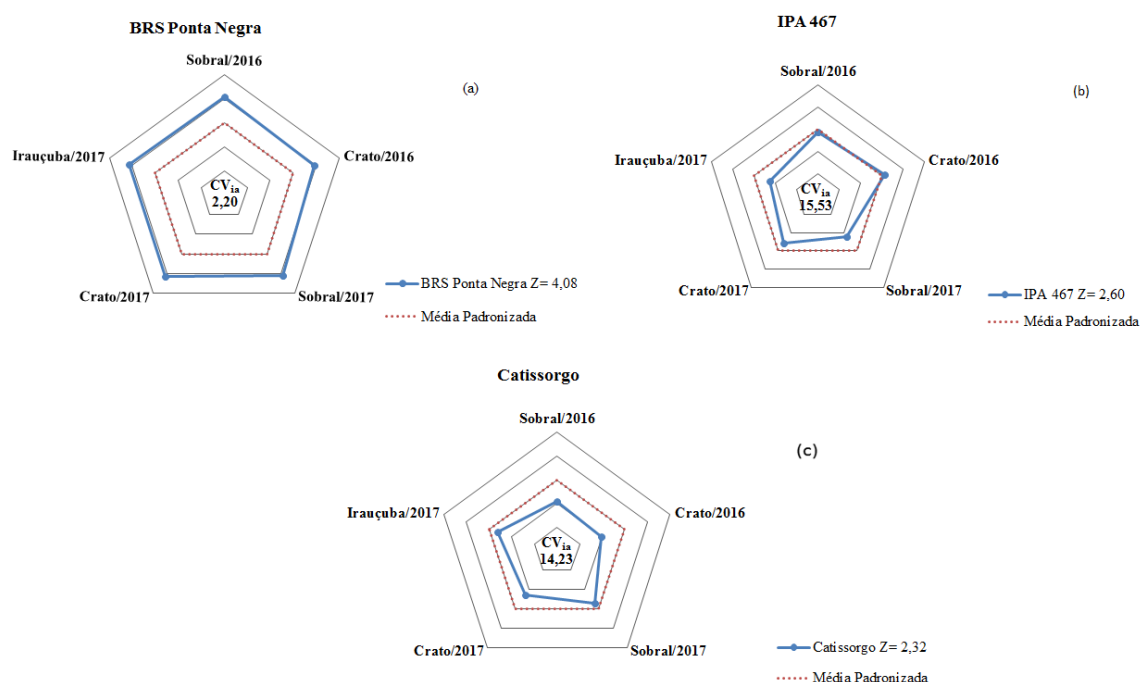


Figura 9 - Estabilidade e adaptabilidade pelo método gráfico da produtividade de massa seca, porcentagem do coeficiente de variação ($CV_{ia}\%$) e média Z das cultivares de sorgo (a) BRS Ponta Negra, (b) IPA 467 e (c) Catissorgo avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.

Observou-se interação entre cultivares x anos (C X A), ou seja, houve diferença no comportamento das cultivares nos dois anos de avaliação (Tabela 5). Contudo, em relação a contribuição da cultivar BRS Ponta Negra para essa interação, observou-se que esta cultivar apresentou comportamento semelhante (melhor ranqueamento) nos dois anos de avaliação, o que não prejudica a sua recomendação. Segundo Ferreira et al. (2015), o uso de pelo menos dois anos permite boa coincidência na recomendação do cultivar em relação a todo o período em trabalhos de adaptabilidade e estabilidade.

Tabela 5 - Estimativas de produtividade de massa seca (kg ha^{-1}), média das cultivares e coeficiente de variação (CV%) e teste F das cultivares de sorgo avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017

Cultivares Sorgo	Produtividade MS kg ha^{-1}					
	Sobral	Crato	Sobral	Crato	Irauçuba	Média
	2016		2017			
BRS Ponta Negra	19.244 a ^f	7.527 a	15.616 a	12.311 a	13.784 a	13.696
IPA 467	14.715 b	6.189 b	8.925 b	8.363 b	9.539 b	9.546
Catissorgo	11.734 b	4.162 b	10.644 b	7.622 b	10.415 b	8.915
Média	15.231	5.959	11.728	9.432	11.246	-
Teste F	7,82 [*]	6,94 [*]	11,01 ^{**}	5,68 [*]	6,29 [*]	-
CV (%)	17.98	12.76	13.24	25.95	8.71	-
Teste F Análise conjunta						
Cultivares (C)	88,14 [*]					
Ano (A)	1,00 ^{ns}					
Ambiente (L)	132,31 [*]					
Interação C X A	7,87 [*]					
Interação C X L	3,60 ^{ns}					

^f Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). ^{ns}, ^{*} e ^{**} - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

Em relação ao desempenho da plasticidade fenotípica dos caracteres agronômicos e bromatológicos o sorgo BRS Ponta Negra se destacou nos seguintes caracteres: GRÃOS, PROD.MS, AP, LIG, FDA e FDN, o que confirma ser uma variedade de dupla aptidão tanto para silagem média de $13.696 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 5) quanto para grãos média de 6.385 kg ha^{-1} (Tabela 6). Contudo, observou-se alto coeficiente de variação no desempenho da plasticidade fenotípica ($CV_{iq} > 30$), ou seja, a cultivar ainda possui grande potencial de melhoramento para alguns caracteres, como exemplo, obtenção de uma boa relação panícula/planta, melhorar a relações folha/colmo e ter um ciclo mais precoce.

Quando se compara a cultivar BRS Ponta Negra, classificada como de dupla aptidão, com a cultivar Catissorgo de aptidão granífera, fica evidente a superioridade desta última em relação ao teor de proteína (24% maior) e alta relação panícula/planta (29% maior). No entanto, em relação a produtividade média de massa seca, o BRS Ponta Negra foi 35 % mais produtivo que o Catissorgo. Por isso que para produção de forragem, foi considerado maior peso econômico para produtividade de massa seca em detrimento aos outros caracteres bromatológicos e agronômicos. Ferrari Jr. et al. (2005) argumentaram que a produtividade de massa seca é um dos primeiros parâmetros avaliados quando se busca

informação sobre uma cultivar específica, sendo observada antes dos parâmetros de qualidade da silagem, pois é importante para dimensionar os silos e contribuir para diluir os custos de colheita, aumentando o rendimento.

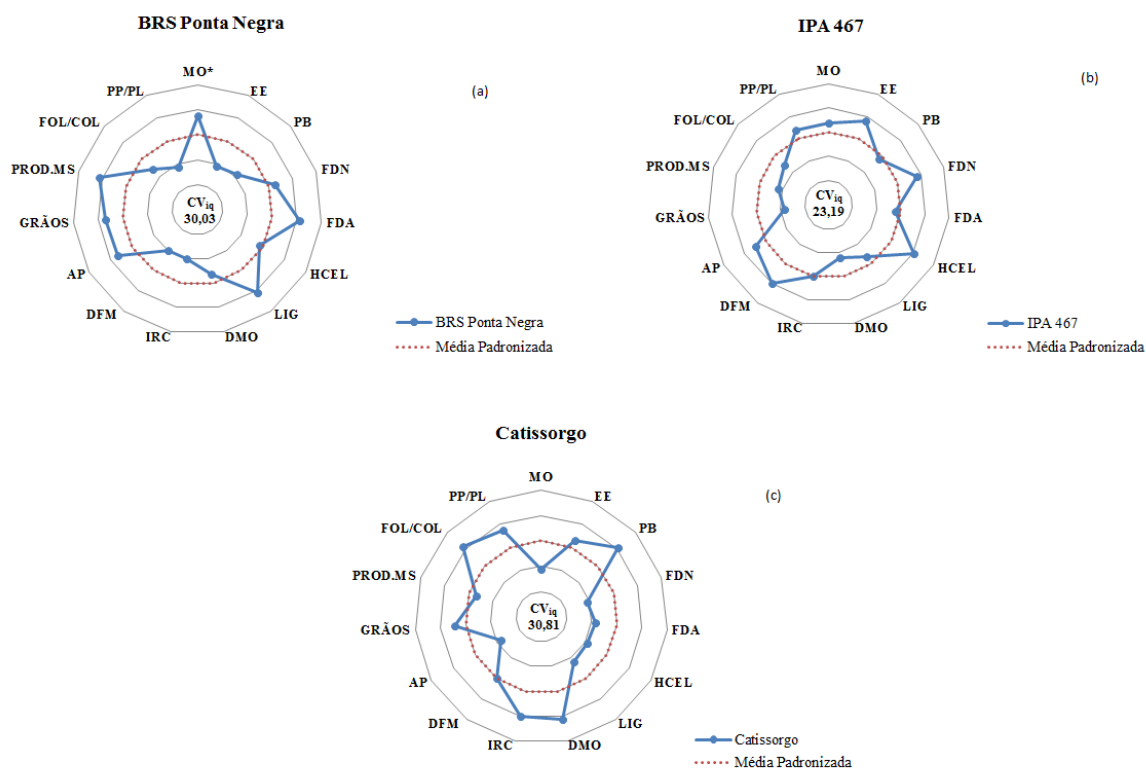


Figura 10 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica, porcentagem do coeficiente de variação ($CV_{iq}\%$) para as médias das cultivares da cultura do sorgo (a) Ponta Negra, (b) IPA 467 e (c) Catissorgo avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE 2016.

* MO - Matéria Orgânica (%), EE - Extrato etéreo (%), PB - Proteína bruta (%), FDN - Fibra em detergente Neutro (%), FDA - Fibra em detergente Acido (%), HCEL - Hemicelulose (%), LIG - Lignina (%), DMO - Digestibilidade in vitro de matéria orgânica (%), IRC - Índice relativo de clorofila, DFM - Número de dias de florescimento masculino, AP - Altura de Planta (m), GRÃOS - Produtividade de grãos (kg ha^{-1}), PROD.MS - Produtividade de massa seca de forragem (kg ha^{-1}), FOL/COL - Relação folha e colmo, PP/PL - Relação panícula e planta.

Tabela 6 - Características bromatológica e agrônômica das cultivares de sorgo avaliadas em condições de sequeiro no período de 2016

Caracteres bromatológicos e agrônômicos								
Cultivares	MO [§]	EE	PB	FDN	FDA	HCEL	LIG	DMO
BRS Ponta Negra	95,7	2,0	6,2	58,7	34,0	21,9	7,4	67,1
IPA 467	95,2	2,9	6,9	55,9	35,6	23,2	8,6	66,3
Cartissorgo	93,3	2,7	8,2	65,2	36,3	21,1	9,0	69,7
Caracteres agrônômicos								
Cultivares	IRC	DFM	AP	GRÃOS	PP/PL	FOL/COL		
BRS Ponta Negra	39	58	2,9	6.385	0,22	0,21	-	-
IPA 467	41	56	2,7	2.768	0,30	0,22	-	-
Cartissorgo	43	57	1,4	5.864	0,32	0,72	-	-

[§]MO - Matéria Orgânica (%), EE - Extrato etéreo (%), PB - Proteína bruta (%), FDN - Fibra em detergente Neutro (%), FDA - Fibra em detergente Ácido (%), HCEL - Hemicelulose (%), LIG - Lignina (%), DMO - Digestibilidade in vitro de matéria orgânica (%), IRC - Índice relativo de clorofila, DFM - Número de dias de florescimento masculino, AP - Altura de Planta (m), GRÃOS - Produtividade de grãos (kg ha⁻¹), PP/PL - Relação panícula e planta, FOL/COL - Relação folha e colmo.

A cultura de milheto apresentou de 15 a 30% menos produtiva do que o milho e sorgo, respectivamente, para o caractere produtividade de massa seca (Tabela 7). Contudo, vale ressaltar que essa cultura foi a de maior precocidade dentre as avaliadas, atingindo ponto de corte para produção de forragem aos 70 dias após o plantio. Este fato pode estar relacionado ao foco dos programas de melhoramento para esta cultura, que inicialmente eram destinados apenas para produção de palhada e rotação de cultura em plantio direto nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (PEREIRA FILHO, 2003). Mesmo com menor produtividade em relação às demais culturas, o seu desempenho e sua versatilidade a qualifica como uma cultura estratégica para produção de alimento, pois o produtor pode utilizá-la quando o prognóstico da quadra chuvosa da próxima safra não for favorável ou se precisar de produção de alimento em menor tempo. Este fato é confirmado quando se compara as produtividades médias das três culturas no ambiente mais desfavorável (Crato/2016), que apresentou menor pluviosidade e maiores dias de veranico (Figura 5), no qual o desempenho da cultura do milheto foi superior ao da cultura do milho e semelhante com a cultura do sorgo, porém com a vantagem de ter o ciclo em média de 40 dias mais precoce (Tabelas 3, 5 e 7). Kichel et al. (1999) comparou a produtividade de biomassa para silagem de milheto, milho e sorgo no período de safrinha na região de Rio Brilhante/MS, na qual o milheto apresentou o melhor desempenho produtivo dentre as três culturas, com um menor custo de produção.

A grande tolerância dessa cultura a seca deve-se ao seu sistema radicular profundo, que pode alcançar 3,60 m de profundidade, e a sua eficiência de uso de água, pois necessita de cerca de 300 a 400 g de água para produzir 1 g de massa seca (GUIMARÃES JR. et al., 2009).

Dentre as cultivares de milheto avaliadas para produtividade de massa seca, observou-se que a variedade BRS 1501 se destacou com boa estabilidade e adaptabilidade produtiva, como pode ser visto pelo baixo valor do CV_{ia} (%) e maior valor Z, respectivamente (Figura 11-a). Observou-se que a produtividade média de massa seca de forragem foi de 7.914 kg ha^{-1} , com potencial de alcançar produtividade acima de $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$ em condições favoráveis (Tabela 7). A cultivar BRS 1501 foi lançada em 1999 pela Embrapa Milho e Sorgo, é uma variedade de duplo propósito de ciclo precoce, indicada tanto para a produção de massa seca como para grãos, recomendada para a produção de palhada em sistema de plantio direto para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, nos períodos que oferecem riscos de déficit hídrico (PEREIRA FILHO, 2003).

Poucos trabalhos foram realizados para verificar o desempenho do milheto como planta forrageira em região semiárida. Lira et al. (1977) relataram que o rendimento do milheto para fins forrageiros variou de 1,2 a $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca em Pernambuco, e de 2,7 a $5,6 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca na Paraíba. De acordo com Bogdan (1977), a produtividade do milheto varia de 3 a 20 t ha^{-1} de massa seca, dependendo do clima, solo, adubação e cultivares, sendo que rendimentos de 7 a 10 t ha^{-1} de massa seca podem ser aceitos como valores médios em campos experimentais e propriedades bem manejadas.

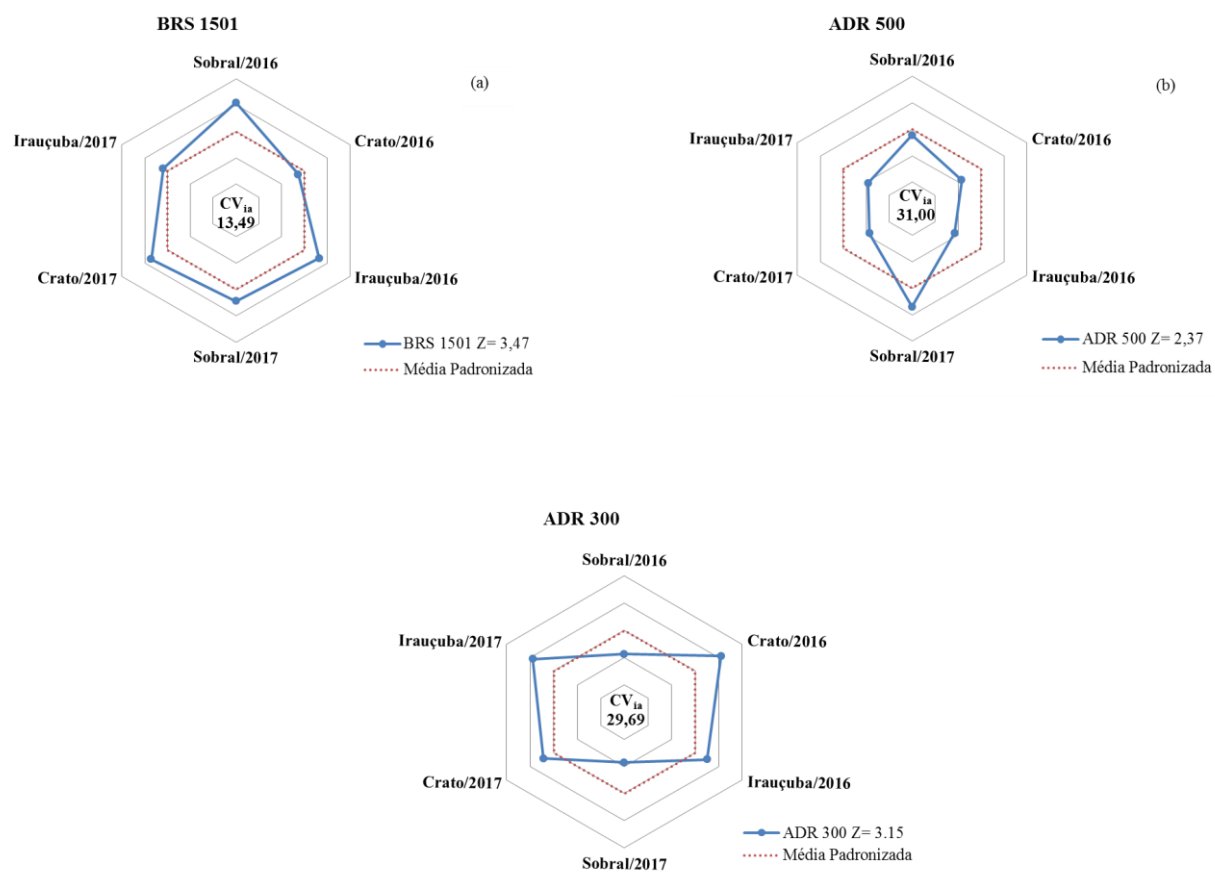


Figura 11 - Estabilidade e adaptabilidade pelo método gráfico da produtividade de matéria seca, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{ia} %) e média Z das cultivares de milho (a) BRS 1501, (b) ADR 500 e (c) ADR 300 avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017.

Tabela 7 - Estimativas de produtividade de massa seca (kg ha^{-1}), média das cultivares e coeficiente de variação (CV%) e teste F das cultivares de milho avaliadas em condições de sequeiro em três locais no período de 2016 e 2017

Cultivares Milho	Produtividade MS kg ha^{-1}						
	Sobral	Crato	Irauçuba	Sobral	Crato	Irauçuba	Média
	2016			2017			
BRS 1501	10.872 a ^f	5.383	9.066 a	6.719	7.275	8.169	7.914
ADR 500	9.524 b	4.645	5.491 b	6.848	6.501	7.819	6.804
ADR 300	8.864 b	7.137	8.794 b	5.904	7.155	8.361	7.703
Média	9.753	5.721	7.783	6.490	6.977	8.116	-
Teste F	14,83**	1,00 ^{ns}	6,41*	2,19 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,76 ^{ns}	-
CV (%)	5.33	14.60	18.38	5.77	16.61	24.21	-
Teste F Análise conjunta							
Cultivares (C)				3,63*			
Ano (A)				44,70*			
Ambiente (L)				49,90*			
Interação C X A				2,21 ^{ns}			
Interação C X L				2,33 ^{ns}			

^f Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). ^{ns}, * e ** - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

Em relação ao desempenho da plasticidade fenotípica dos caracteres agronômicos e bromatológicos, a cultivar BRS 1501 apresentou bom desempenho para os caracteres PROD.MS, AP, DFF, DFM, LIG, PB e EE, com a segunda menor variação fenotípica (CV_{iq}) (Figura 12-a). Esta cultivar se destacou pela sua precocidade, com altura de planta de 1,91 m além do desempenho nutricional para proteína bruta com média de 8,8 % e extrato etéreo acima de 3% (Tabela 8). Contudo, alguns aspectos produtivos podem ser melhorados na cultivar para região semiárida, como melhor relação folha/colmo, panícula/colmo, produtividade de grãos, além de alguns aspectos nutricionais, como teor de fibras, lignina e digestibilidade da matéria orgânica. Os resultados encontrados para a cultivar BRS 1501 se enquadra nos intervalos relatados por Amaral et al. (2008), teores de MS variando entre 23,53 % a 34,29 %; PB de 8,47 % a 10,06 %; FDN de 72,58 % a 75,44 %; FDA de 37,83 % a 38,06%, para biomassa cortada aos 70 e 90 dias, respectivamente. Guimarães Jr. et al. (2007) verificaram, ainda, que a fração proteica de silagens de milho apresenta alta solubilidade, demonstrando que grande parte desse nutriente é rapidamente disponibilizado para ruminantes. Consequentemente, objetivando um sincronismo entre a

degradação dos nutrientes, deve-se procurar fontes de energia de rápida degradabilidade ruminal para serem fornecidas juntamente com essas silagens.

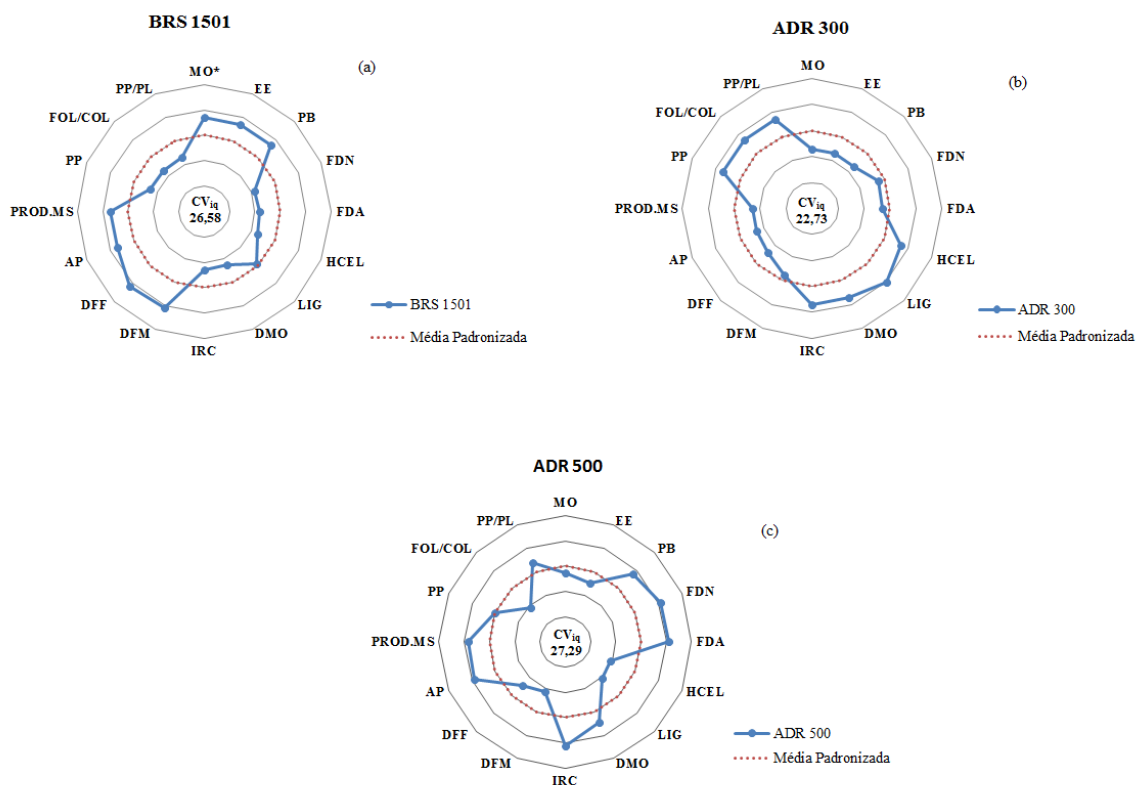


Figura 12 - Método gráfico adaptado para plasticidade fenotípica, porcentagem do coeficiente de variação (CV_{iq} %) para as médias das cultivares da cultura do milho, (a) BRS 1501, (b) ADR 300 e (c) ADR 500 avaliadas em condições de sequeiro, Sobral/CE 2016.

* MO - Matéria Orgânica (%), EE - Extrato etéreo (%), PB - Proteína bruta (%), FDN - Fibra em detergente Neutro (%), FDA - Fibra em detergente Ácido (%), HCEL - Hemicelulose (%), LIG - Lignina (%), DMO - Digestibilidade in vitro matéria orgânica (%), IRC - Índice relativo de clorofila, DFM - Número de dias de florescimento masculino, DFF - Número de dias de florescimento feminino, AP - Altura de Planta (m), PROD.MS - Produtividade de massa seca de forragem (kg ha^{-1}), PP - Peso panícula (kg ha^{-1}), FOL/COL - Relação folha e colmo, PP/PL - Relação panícula e planta.

Tabela 8 - Características bromatológica e agrônômica das cultivares de milho avaliadas em condições de sequeiro no período de 2016

Caracteres bromatológicos								
Cultivares	MO [§]	EE	PB	FDN	FDA	HCEL	LIG	DMO
ADR 500	93,2	3,1	9,3	58,3	33,8	24,5	8,7	59,6
BRS 1501	94,2	3,6	8,8	72,7	35,7	32,3	8,4	58,2
ADR 300	92,8	3,0	7,2	68,1	35,2	37,5	8,0	59,8
Caracteres agrônômicos								
Cultivares	IRC	DFM	DFF	AP	PP	FOL/COL	PP/PL	-
ADR 500	59	47	44	2,0	3.744	0,22	0,59	-
BRS 1501	56	45	43	1,9	3.361	0,30	0,48	-
ADR 300	57	46	44	1,8	4.127	0,35	0,61	-

[§]MO - Matéria Orgânica (%), EE - Extrato etéreo (%), PB - Proteína bruta (%), FDN - Fibra em detergente Neutro (%), FDA - Fibra em detergente Acido (%), HCEL - Hemicelulose (%), LIG - Lignina (%), DMO - Digestibilidade in vitro matéria orgânica (%), IRC - Índice relativo de clorofila, DFM - Número de dias de florescimento masculino, DFF - Número de dias de florescimento feminino, AP - Altura de Planta (m), PP - Peso panícula (kg ha⁻¹), FOL/COL - Relação folha e colmo, PP/PL - Relação panícula e planta.

4. CONCLUSÃO

A cultura do sorgo se destaca com boa plasticidade fenotípica e desempenho produtivo de forragem, principalmente, quando as condições edafoclimáticas do semiárido cearense são favoráveis, ou seja, com chuvas acima da média histórica da região.

A cultura do milho se destaca com boa plasticidade fenotípica e adaptabilidade produtiva de forragem, principalmente, quando as condições edafoclimáticas do semiárido cearense são desfavoráveis, ou seja, com chuvas abaixo da média histórica da região.

Recomenda-se para produtividade de forragem, as cultivares BRS Ponta Negra (sorgo), AL Bandeirante (milho) e BRS 1501 (milho), respectivamente, apresentam boa adaptabilidade e estabilidade sendo alternativas interessantes tanto para recomendações aos produtores quanto para servir como população base em programas de melhoramento para essas culturas em região semiárida cearense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P.N.C.; EVANGELISTA, A.R.; SALVADOR, F.M.; et al. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três cultivares de milho. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.611-617, 2008.

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16th ed. Washington, 1995.
- ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.3, p.541-548, 2000.
- BOGDAN, A.V. **Tropical Pasture and Fodder Plants: grasses and legumes**. London: Longman, 1977. 241 p. (Tropical Agricultural Series).
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.26, n.2, p.211-252, 1964.
- CARVALHO, H.W.L.; CARDOSO, J.M.; SILVA LEAL, M.L. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.5, p.471-477, 2005.
- CATI - DSMM. **Evolução das cultivares de milho variedade “AL” produzidas pela CATI**. 2010. Artigo em Hypertexto Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/MilhoCati/index.htm>. Acesso em: 05/01/2018.
- CRUZ, C.D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, p.547-552, 2016.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1, 480 p.
- DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipos de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.29, n-1, p.25-32, 1994.
- EMYGDIO, B.M.; PEREIRA, L.R. BRS Missões: nova cultivar de milho para a região sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.545-547, 2006.
- FERNANDES, V.L.B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.
- FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R.; LIMA, M.L.P. et al. Características, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. **Boletim de Indústria Animal**, v.62, n.1, p.19-27, 2005.

FERREIRA, R.A.D.C.; RAMALHO, M.A.P.; TOLEDO, F.H.R.B. et al. Implications of the number of years assessment on recommendation of common bean cultivars. **Plant Breeding**, v.5, n.1, p.599-604, 2015.

GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R. et al. Degradabilidade *in situ* da proteína bruta das silagens de três genótipos de milheto (*Pennisetum glaucum* L.). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, [2007]. 1 (CD ROM).

GUIMARÃES, JUNIOR. R. Utilização do milheto para produção de silagem / Roberto Guimarães Júnior, Lúcio Carlos Gonçalves, José Avelino Santos Rodrigues. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009.30 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 259)

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal 2013 Crato. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicações/perfil_basico/pbm2013/Crato.pdf. Acesso em: 17/02/2018.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; SILVA, J.M. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA, 1999. p.97-103.

LIRA, M.A.; FARIS, M.A.; REIS, O.V. et al. Competição de variedades forrageiras de milheto em relação ao milho, sorgo e capim elefante. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.1, n.1, p.23-32, 1977.

MARIOTTI, J.A.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M. et al. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar I: Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v.13, n.14, p. 105-127, 1976.

NUNES, J.A.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the bean improvement cooperative**, v.48, n.1, p.182-183, 2005.

PEREIRA FILHO, A.I.; ALVARENGA, R.C.; NETO, M.M.G. et al. **Cultivo do Milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: < <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados> > Acesso em: 20/06/2017.

PEREIRA FILHO, A.I.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M. **Cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 65p. (Embrapa Milho e Sorgo). Comunicado Técnico, 29).

PEREIRA FILHO, A.I.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M. et al. **Cultivo do Milheto**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Disponível em:<<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados> > Acesso em: 20/06/2017.

PEREIRA, J.R.A.; ROSSI JUNIOR, P. **Manual prático de avaliação de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 1995, 34 p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, J.B. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

REIS, C.A.F.; GONÇALVES, F.M.A.; RAMALHO, M.A.P. et al. Estratégias na seleção simultânea de vários caracteres no melhoramento do Eucalyptus. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.2, p.457-467, 2015.

RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.G.; SCHAFFERT, R.E. et al. **Cultivo do Sorgo**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados> > Acesso em: 20/06/2017.

SANTOS, F.G.; RODRIGUES, J.A.S.; SCHAFFERT, R.E. et al. **BRS Ponta Negra Variedade de Sorgo Forrageiro**. Comunicado Técnico 145. Sete Lagoas, MG, Setembro, 2007.

SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A. et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Animal Sciences**, v.35, n.1, p.13-19, 2013.

SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A. et al. Características agrônômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Animal Sciences**, v.32, n.4, p.367-373, 2010.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometric**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SDA. **Secretaria de Desenvolvimento Agrário**. Disponível em: <<https://www.sda.ce.gov.br> > Acesso em: 20/12/2017.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P. et al. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**, v.2 Brasília, EMBRAPA-CPATSA, 1993.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for in vitro digestion of forages crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

UNGARO, M.R.G.; CASTRO, C.D.; FARIAS, J. R. B. et al. Girassol. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.) Agrometeorologia dos cultivos - o fator meteorológico na produção agrícola. **Anais...**Brasília, DF: INMET, 2009.p. 205-221.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.1, p.3583-3597, 1991.

VIANNA, L.V.F.; TREVISOLI, S.H.U.; DESIDÉRIO, J.A. et al. The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, n.30, p.162-169, 2013.

CAPÍTULO IV
CONSÓRCIO DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS COM MILHO NO SEMIÁRIDO
CEARENSE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar gramíneas com reconhecida tolerância a período de estresse hídrico em consórcio com a cultura do milho. O delineamento utilizado foi em bloco casualizado com 9 tratamentos, sendo utilizado duas espécies forrageiras (*Megathyrsus maximus* cv. Massai e *Cenchrus ciliaries* cv. Buffel Áridus), dois métodos de plantio da forrageira (sulco e a lanço) e duas épocas diferentes de cultivo (plantio simultâneo das forrageiras com o milho e o plantio antecipado das forrageiras com o milho após 15 dias), perfazendo um fatorial $2 \times 2 \times 2 + 1$ com 3 repetições, totalizando 27 unidades experimentais. As variáveis determinadas foram fertilidade do solo, diagnose foliar do milho, atributos biométricos e de produção do milho e das forrageiras, e exportação de nutrientes. De posse dos dados procedeu-se análise de variância e teste de médias para o experimento fatorial e teste de Dunnett para comparar os demais tratamentos com o milho solteiro. As propriedades químicas do solo não apresentaram diferenças entre os tratamentos do consórcio, época e método de plantio com a testemunha (milho solteiro), exceto os atributos pH e P que apresentaram valores maiores na camada de 0-0,05 m para o consórcio milho-massai cultivado antecipado no sulco em relação ao tratamento testemunha. Para a diagnose foliar apenas o nitrogênio (N) proporcionou menores valores em todos os tratamentos em relação a tratamento milho solteiro, exceto para o tratamento milho massai no plantio no sulco antecipado. Na exportação e acúmulo de nutrientes, o capim massai acumulou e exportou mais nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em relação ao capim buffel. Para a produtividade de massa seca de forragem a consorciação apresentou diferentes níveis de competição, tanto para espécie de forrageira quanto para épocas de cultivo, contudo para produção total de biomassa (milho e forrageiras) não houve diferença significativa entre os tratamentos, no entanto o sistema de consórcio é viável tanto pelo fato da conservação do solo como também para produção de biomassa de forragem mesmo com resultados semelhantes ao tratamento milho solteiro, já que as forrageiras consorciadas incrementam na produtividade ano a ano pela facilidade de rebrota para o próximo período de chuva, sendo uma alternativa de produção de biomassa interessante para o semiárido cearense.

Palavras-chave: *Megathyrsus maximus*, *Cenchrus ciliaries*, *Zea mays*.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate grasses with recognized tolerance to the period of water stress in consortium with maize crop. The trial design was a randomized block with 9 treatments, two forage species (*Megathyrsus maximus* cv. Massai and *Cenchrus ciliaries* cv. Buffel Áridus), two methods of forage growth (furrow and haul) and two different growing seasons (simultaneous planting of forages with maize and early planting of forages with maize after 15 days), making a 2x2x2+1 factorial with 3 replicates, totaling 27 trial units. The variables determined were soil fertility, foliar corn diagnosis, biometric and maize and forage yield attributes, and nutrient export. Data were analyzed by variance analysis and means test for the factorial experiment and Dunnett test to compare the other treatments with single maize. The chemical properties of the soil did not present differences between the treatments of the intercropping, time and method of growth with the control (single maize), except for the attributes pH and P that presented higher values in the 0-0.05 m layer for the intercropping maize-massai cultivated early in the furrow relative to the control treatment. For leaf diagnosis only nitrogen (N) provided lower values in all treatments in relation to single maize treatment, except for the maize-massai treatment at growth in the anticipated furrow. In the export and accumulation of nutrients, the massai grass accumulated and exported more nutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) than the buffel grass. For the dry matter yield of forage, the intercropping presented different levels of competition, both for forage species and for growing seasons. However, for total biomass production (maize and forage) there was no significant difference between treatments, however the intercropping is feasible both for the conservation of the soil and also for the production of forage biomass even with results similar to the single maize treatment, since the intercropping forages increase in productivity year by year by the ease of regrowth for the next rainy season, being an alternative of biomass production interesting for the semiarid region of Ceará.

Key words: *Megathyrsus maximus*, *Cenchrus ciliaries*, *Zea mays*.

1. INTRODUÇÃO

O consórcio de culturas anuais com forrageiras é uma prática desenvolvida e adaptada para as condições do centro-sul brasileiro (BARDUCCI et al., 2009; COSTA et al., 2012). Em regiões com altas temperaturas e poucas ocorrências de chuvas o cultivo consorciado de culturas anuais com espécies forrageiras pode apresentar resultados promissores, tanto no aumento da produção de forragem, grãos, silagem ou pasto. No entanto, a escolha das espécies forrageiras deve se apoiar na sua capacidade produtiva, tolerância ao sombreamento e adaptação às condições edafoclimáticas do local (ANDRADE et al., 2003).

O monocultivo e outras práticas culturais inadequadas têm causado perda de produtividade, degradação do solo e dos recursos naturais (MACEDO, 2009). As causas possíveis para degradação das pastagens vão desde o manejo incorreto, processos erosivos por ações climáticas ou humanas, até a mudança natural da fertilidade do solo pela perda de nutrientes por exportação ou lixiviação (GARCIA et al., 2013).

No sistema de consórcio com espécies forrageiras as mesmas aproveitam a correção do solo e a adubação residual aplicados na lavoura, que por sua vez se beneficia do condicionamento físico do solo e da palhada proporcionados pela pastagem sendo uma alternativa muito eficiente, mantendo a produtividade agrícola e promovendo indiretamente, a recuperação e renovação de pastagens (SILVEIRA et al., 2011).

Conciliar as culturas anuais (produção de grãos e forragens) com gramíneas forrageiras (produção de biomassa de forragem) proporciona maior produtividade, melhor aproveitamento do uso da terra, promove um melhor condicionamento físico do solo, além da proteção da superfície do solo e uma produção de biomassa disponível para o produtor rural no período de escassez de alimento. Desta forma, é de fundamental importância ampliar os estudos científicos com culturas anuais consorciadas com espécies forrageiras (BALBINO et al., 2011).

No entanto, o conhecimento do desempenho das espécies na competição por fatores de produção torna-se de grande importância para o êxito da produtividade satisfatória da cultura de grãos e da formação da pastagem, evitando que a competição existente entre as espécies inviabilize o cultivo consorciado (KLUTHCOUSKI e YOKOYAMA, 2003).

No semiárido brasileiro existem várias espécies forrageiras adaptadas à formação de pastagens cultivadas para pastejo, e entre elas destaca-se o capim buffel, gramínea de

notável adaptação às condições do semiárido (DANTAS NETO et al., 2000) e o capim massai que tem sido uma boa opção para o semiárido, especialmente por apresentar um grande potencial para ser utilizada sob corte, por apresentar boa produção de matéria seca determinada pelas elevadas taxas de acúmulo de lâminas foliares (LUNA et al., 2014).

No consórcio de culturas graníferas com forrageiras, o conhecimento do desempenho das espécies na competição por água, luz e nutrientes torna-se de grande importância para o êxito da produtividade satisfatória de grãos e da formação de pastagem (PARIZ et al., 2011).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar gramíneas forrageiras com reconhecida tolerância a período de estresse hídrico em consórcio com a cultura do milho, submetidas a dois métodos de plantio (sulco e lanço) em duas épocas de plantio (simultâneo e antecipado).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área experimental

O estudo foi realizado na área experimental pertencente a Embrapa Caprinos e Ovinos, em Sobral/CE, com localização geográfica de 3°41' latitude Sul e 40°20' longitude Oeste, situada a 80 m de altitude.



Figura 1 - Área experimental.

Fonte: www.google.com.br/maps/place

2.2 Dados climáticos

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é semiárido quente, tipo BSh, com médias anuais de temperaturas de 27,4°C e precipitação média de 750 mm. Na Figura 2 encontra-se os dados de precipitação de fevereiro a junho com 823,8 mm na quadra chuvosa de 2017.

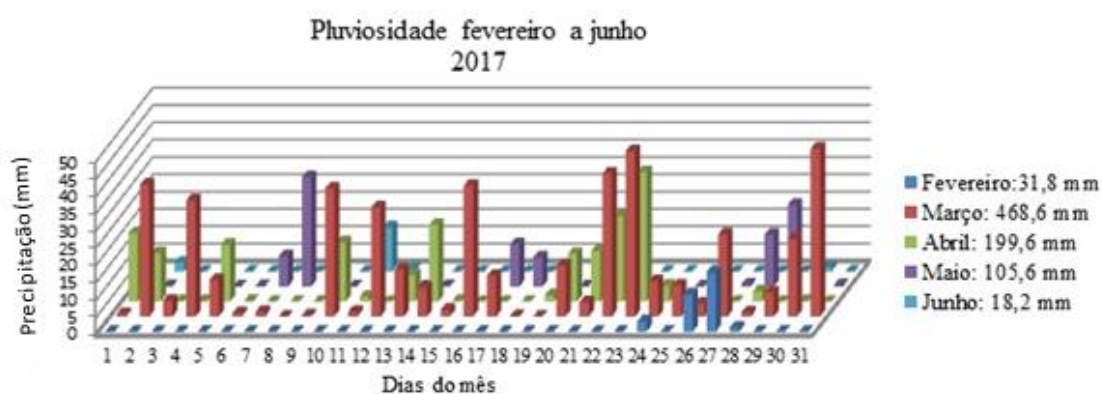


Figura 2 - Precipitação pluviométrica de fevereiro a junho de 2017, no município de Sobral/CE.

Fonte: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017.

2.3 Solo

O solo da área experimental é classificado como Luvisolo Háptico de acordo com (EMBRAPA, 2006) e apresentou os tributos físico-químicos como textura média para profundidade de 0-0,2 m: acidez média para pH, valores baixos para M.O, baixo para P, Ca e Mg, e médio teor de K, conforme Fernandes (1993).

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo da área experimental

pH	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al
H ₂ O	dag/kg	mg/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³
5,8	1,4	8,6	0,93	0,0	6,7	3,6	3,1
Al	SB	CTC	V	Argila	Silte	Areia	-
cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	%	-----dag/kg-----			-
0,0	10,6	13,7	77,0	25	12	63	-

pH - potencial hidrogeniônico; M.O - matéria orgânica; P - fósforo; K - potássio; Na - sódio; Ca - cálcio; Mg - magnésio; H+Al - acidez potencial; Al - alumínio; SB - soma de bases; CTC - capacidade de troca catiônica; V - saturação por bases.

2.4 Insumos básicos

2.4.1 Sementes

As sementes empregadas do milho foi o híbrido BRS 2020, visando uma população de 66.667 mil plantas ha^{-1} , conforme recomendação de Pereira Filho et al. (2015), com espaçamento entrelinhas de 0,75 m, sendo semeadas duas sementes por covas, e entre plantas de 0,10 m cultivadas no dia 23/02/2017. O plantio das forrageiras seguiu-se a distribuição de 10 kg ha^{-1} de sementes para o plantio a lanço e 6,25 kg ha^{-1} no plantio a sulco da forrageira *Megathyrsus maximus* cv. Massai (valor cultural de 40%) e 11,4 kg ha^{-1} para o plantio a lanço e 7,14 kg ha^{-1} no plantio no sulco de *Cenchrus ciliaries* cv. Buffel Áridus (valor cultural de 35%). Todas estas distribuições de sementes foram calculadas conforme Gontijo Neto et al. (2006), onde recomenda o ponto de valor cultural (PVC/ha) para *Megathyrsus maximus* cv. Massai e para o *Cenchrus ciliaries* cv. Buffel Áridus no plantio em sulco valores de 250 PVC/ha e para o plantio no lanço valores de 400 PVC/ha.

2.4.2 Fertilizantes

Foi realizada adubação de cobertura na cultura do milho no estagio fenológico V4 (quatro folhas totalmente expandidas), onde foi empregado 100 kg ha^{-1} de ureia e 60 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, correspondendo a adubação de nitrogênio (45 kg ha^{-1} de N) e potássio (36 kg ha^{-1} de K_2O), conforme Fernandes (1993) e este processo foi realizado manualmente e a lanço.

2.4.3 Manejo das culturas

O plantio das culturas foi realizado após o preparo do solo com uma aração (0-0,2 m) seguida de uma gradagem niveladora. O controle das plantas daninhas foi realizado uma capina manual com enxada.

2.5 Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi em bloco casualizado com nove tratamentos, sendo duas espécies forrageiras: *Megathyrus maximus* cv. Massai e *Cenchrus ciliaries* cv. Buffel Áridus dois método de plantio da forrageira: a lanço e em sulco, e duas época diferentes de plantio da forrageira: quinze dias antes do milho (antecipado) e junto com o cultivo do milho (simultâneo), além de um tratamento controle com o milho solteiro, com 3 repetições, e totalizando 27 unidades experimentais. A escolha do método de plantio antecipado da forrageira em relação ao milho se deve pela dificuldade de identificação na época de controle de plantas daninhas entre as forrageiras e ervas invasoras, o que pode comprometer o desenvolvimento da forrageira. O plantio a lanço da forrageira foi realizado com distribuição aleatória nas parcelas e o plantio em linha se deu para uma melhor precisão na distribuição das sementes.

Cada parcela experimental foi constituída de quatro linhas de milho espaçadas a 0,75 m e três linhas das forrageiras, ambas nas linhas centrais da cultura do milho. Cada parcela com 3 m de largura por 4 m de comprimento, totalizando 12 m² da área útil por parcela.

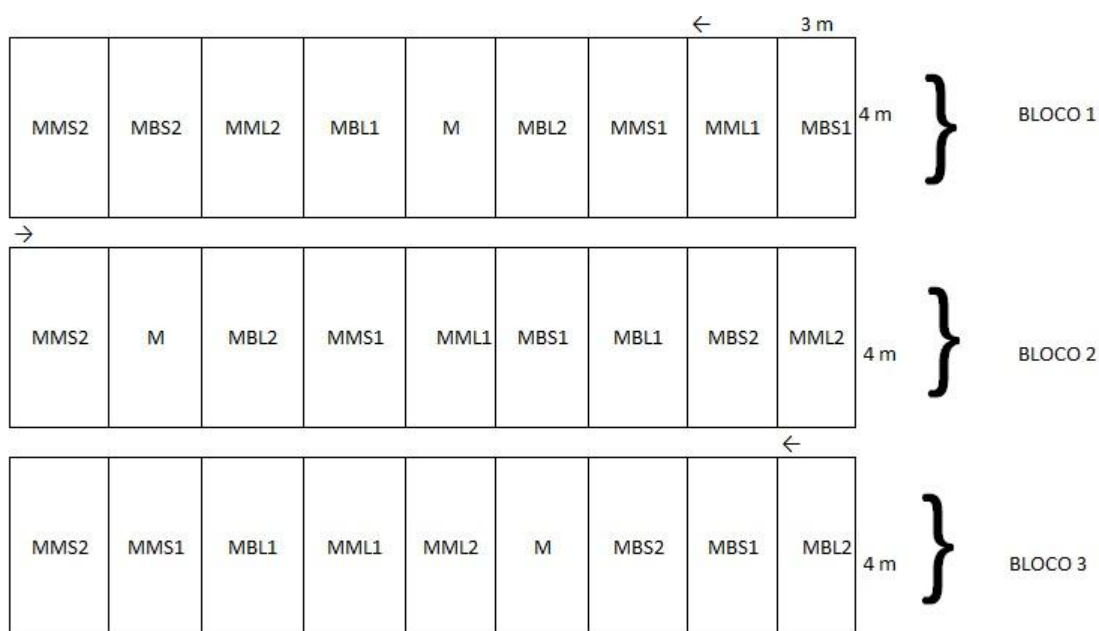


Figura 3 - Distribuição das parcelas na área experimental.

Legenda: MBS1 - Buffel cultivado no sulco em consórcio com milho, semeado no mesmo período; MML1 - Massai cultivado a lanço em consórcio com milho, semeado no mesmo período; MMS1 - Massai cultivado no sulco em consórcio com milho, semeado no mesmo período; MBL2 - Buffel cultivado a lanço em consórcio com milho, milho semeado após 15 dias; M - Milho testemunha; MBL1 - Buffel cultivado a lanço

em consórcio com milho, semeado no mesmo período; MML2 - Massai cultivado à lanço em consórcio com milho, milho semeado após 15 dias; MBS2 - Buffel cultivado no sulco em consórcio com milho, milho semeado após 15 dias; MMS2 - Massai cultivado no sulco em consórcio com milho, milho semeado após 15 dias.

2.6 Determinação dos atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo foram coletados com trado holandês e enxadão nas entre linhas da cultura do milho, retirados em cada parcela amostras nas camadas de 0,0-0,05 m e 0,0-0,2 m e em seguida determinados os atributos: pH, M.O, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC, V, S, Na, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme Donagemma et al. (2011). A coleta do solo foi realizada próxima à colheita do grão.

2.7 Diagnose foliar e índice relativo de clorofila

Para a diagnose foliar foi coletado três folhas por parcela de cada uma das linhas centrais da cultura do milho, no momento do pendoamento, a folha da base da espiga e utilizado o terço médio das folhas para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MIYAZAWA et al., 2009). Ainda aproveitou-se a mesma folha diagnóstica e determinou-se o índice indireto de clorofila pelo aparelho clorofilômetro marca Minolta (modelo SPAD-502).

2.8 Componentes de produtividade da cultura do milho

2.8.1 População final de plantas

Para estas avaliações, foram contadas todas as plantas presentes nas parcelas e os valores encontrados para o número de plantas por hectare.

2.8.2 Altura de plantas e altura de inserção da espiga

No estágio de florescimento foi realizada a altura média por meio da medição com uma régua de madeira graduada em centímetros, medindo a distância entre o colo da planta até a folha bandeira (para altura da planta) e a distância entre o colo da planta até a espiga (para altura de inserção da espiga), tomadas as medidas de cinco plantas de cada parcela.

2.8.3 Produtividade de grãos

Foram coletadas as espigas de duas linhas laterais da área útil de cada parcela, contados os números de espigas das duas linhas e em seguida pesadas sem a palhada. Em seguida, foram separadas cinco espigas de cada tratamento e retirado o peso dos grãos e o peso de sabugo e logo após foram retirados uma amostra simples dos grãos que foram levados para a estufa a 105°C por 24 horas para calcular o teor de umidade conforme as regras de Sementes Brasil (1992).

2.8.4 Produção de biomassa de forragem total do milho

Foi realizado o corte aos 106 dias de plantio, a 2 cm acima da superfície do solo de duas linhas central de cada parcela, e ambas contadas os números de plantas e em seguida foram pesadas as plantas, obtendo, assim, o peso de massa verde. Posteriormente, depois de trituração na ensiladeira, foram retiradas amostras de aproximadamente 500 g que foi submetida à secagem em estufa com circulação de ar, por 72 horas a 55°C, determinando o percentual (%) de água e o cálculo da produção de massa de matéria seca da cultura do milho.

2.9 Componentes de produtividade nas forrageiras

2.9.1 População final de plantas

Para estas avaliações, foram contados os números de perfilho em uma moldura de 1,0 m por 0,25 m aleatoriamente na linha central da parcela das forrageiras.

2.9.2 Altura do dossel e número de folhas expandidas

Após a expansão das panículas, foram coletadas a altura do dossel e o número de folhas vivas expandidas de 5 plantas para cada forrageiras na linha central das parcelas.

2.9.3 Produtividade de massa de matéria seca das forrageiras

Foi realizado o corte das forrageiras aos 106 dias de plantio, corte realizado aproximadamente 2 cm acima da superfície do solo, de uma linha central de cada parcela e em seguida foram pesadas, obtendo assim, o peso da massa verde. Logo após retirou-se amostras de aproximadamente 500 g, onde foram submetidas à estufa com circulação forçada de ar, por 72 horas a 55°C para posterior pesagem.

2.10 Exportação de nutrientes no milho e nas forrageiras

Com 106 dias após o plantio realizou-se o corte de duas linhas do milho e uma linha das forrageiras, no intuito de simular a coleta dos materiais para a confecção de silagem, em que foi determinada a massa seca e, posteriormente, moída para análise dos nutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S, conforme Miyazawa et al. (2009). De posse da massa de matéria seca e do teor de nutrientes, calculou-se o acúmulo de nutrientes (acúmulo = massa de matéria seca x teor de nutriente), determinando-se assim, a exportação de nutrientes das plantas do milho e das forrageiras.

2.11 Análises estatísticas

De posse dos dados, foi realizada análise de variância e em função da significância procedeu-se teste de Tukey (5%), teste de Scott Knott (5%) e em relação ao tratamento testemunha procedeu-se teste de Dunnett. As análises foram realizadas com o auxílio do software R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as análises de teste de F e coeficiente de variação de atributos químicos do solo em função do consórcio, método de plantio e época de plantio das forrageiras, nas camadas de 0-0,05 e 0-0,2 m de profundidade não houve diferença significativa.

Na Tabela 2 é apresentado o teste de Dunnett dos dados de fertilidade do solo para as camadas de 0-0,05 a 0-0,2 m, para os tipos de consórcio, época e métodos de plantio em

relação ao tratamento controle milho solteiro, em que não houve significância para as variáveis estudadas, exceto, para o pH e P do solo na camada menos espessa.

Na profundidade 0-0,05 m, houve diferença entre o consórcio milho-massai cultivado antecipado no sulco em relação ao tratamento controle, com maior valor de pH e de P em relação ao milho solteiro. Além disso, observa-se para a mesma profundidade que o consórcio milho-massai cultivado simultâneo à lanço em relação ao tratamento controle, apresentou maior valor de P em relação ao milho solteiro. O plantio simultâneo de ambas forrageiras pode ser caracterizado por um maior incremento inicial do sistema radicular, visando a melhor fixação da planta no solo e rápido acúmulo de nutrientes pelas raízes, o que favorece na competição por nutrientes entre as culturas (BIANCO et al., 2005). Dessa forma, espera-se uma maior competição de nutrientes entre a cultura anual e as forrageiras.

Seidel et al. (2014) avaliando o consórcio do milho com forrageiras observaram que a época de semeadura alterou a produção de massa verde e seca, altura de plantas, número de folhas, comprimento de folhas, diâmetro do colmo das forrageiras e afirmou que o melhor desenvolvimento da forrageira quando foi semeada simultaneamente ao milho.

De acordo com Alvarenga et al. (2006), por ser uma planta muito competitiva, o milho afeta, negativamente, a forrageira, principalmente quando a implantação desta ocorre em pós-emergência ao milho.

Tabela 2 - Valores médios dos atributos químicos do solo em função do consórcio e do tratamento controle (milho solteiro), nas camadas de 0-0,05 e 0-0,2 m de profundidade

Consórcio	Método	Época	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(H ₂ O)	g dm ⁻³	---- mg dm ⁻³ ----							%							
Camada 0-0,05 m																			
Milho-Buffel	Lanço	Antecipado	6,5	9,3	7,0	123,5	5,3	2,5	2,0	8,1	10,1	79,9	3,3	8,6	0,2	0,7	5,5	19,2	0,2
Milho-Buffel	Lanço	Simultâneo	6,2	9,3	7,5	97,5	4,9	2,4	2,3	7,6	9,9	76,7	4,3	7,8	0,2	1,0	6,3	16,5	0,2
Milho-Buffel	Sulco	Antecipado	6,7	12,6	8,5	156,0	4,9	1,8	1,8	7,2	9,1	79,5	4,0	6,6	0,2	0,7	8,4	27,0	0,2
Milho-Buffel	Sulco	Simultâneo	6,5	16,0	7,8	130,0	4,8	1,9	2,0	7,1	9,1	77,0	4,6	5,9	0,3	0,6	5,1	21,0	0,3
Milho-Massai	Lanço	Antecipado	6,6	8,3	8,5	154,7	4,7	2,1	1,9	7,2	9,1	78,7	4,0	8,5	0,2	0,7	6,6	28,3	0,2
Milho-Massai	Lanço	Simultâneo	6,5	10,0	12,6*	107,9	4,8	2,1	2,0	7,2	9,2	78,0	4,0	7,0	0,2	0,6	5,8	19,6	0,2
Milho-Massai	Sulco	Antecipado	6,9**	19,6	14,0**	131,3	6,2	2,6	1,7	9,2	10,9	84,0	5,0	7,2	0,3	0,7	12,2	26,4	0,3
Milho-Massai	Sulco	Simultâneo	6,5	13,3	8,0	130,0	5,5	2,4	2,3	8,2	10,5	77,8	3,6	8,4	0,3	0,7	6,3	18,9	0,3
Milho Solteiro			6,3	17,3	8,1	117,0	5,6	2,3	2,2	8,2	10,5	78,4	4,0	6,7	0,2	0,5	5,2	16,5	0,2
Camada 0-0,2 m																			
Milho-Buffel	Lanço	Antecipado	6,3	7,0	7,1	88,4	6,3	3,0	2,3	9,5	11,8	80,5	4,0	14,5	0,2	1,0	6,6	14,7	0,3
Milho-Buffel	Lanço	Simultâneo	6,2	7,0	7,5	81,9	5,3	2,4	2,5	7,9	10,4	75,9	4,3	12,0	0,2	1,1	7,0	14,5	0,5
Milho-Buffel	Sulco	Antecipado	6,5	7,6	7,6	131,3	5,5	2,4	2,1	8,2	10,4	79,1	4,3	10,1	0,2	1,1	6,1	14,9	0,4
Milho-Buffel	Sulco	Simultâneo	6,4	7,0	7,5	105,3	5,2	2,2	2,3	7,7	10,0	76,6	4,6	9,2	0,3	1,0	4,8	10,8	0,3
Milho-Massai	Lanço	Antecipado	6,3	5,6	8,5	92,3	5,2	2,4	2,4	7,9	10,3	76,4	4,6	10,8	0,2	1,0	7,6	16,5	0,5
Milho-Massai	Lanço	Simultâneo	6,4	7,0	12,6	81,9	5,2	2,4	2,5	7,8	10,3	76,0	4,3	10,1	0,3	1,0	7,0	13,4	0,4
Milho-Massai	Sulco	Antecipado	6,8	10,3	10,8	97,5	6,4	3,0	2,0	9,7	11,7	81,5	4,0	8,7	0,3	0,9	9,4	15,8	0,5
Milho-Massai	Sulco	Simultâneo	6,3	8,0	8,0	76,7	5,5	2,7	2,5	8,5	11,0	76,7	3,6	15,2	0,2	0,9	7,2	14,6	0,4
Milho Solteiro			6,3	10,6	12,5	104,0	5,1	2,4	2,4	7,8	10,2	76,5	3,6	9,4	0,3	0,9	6,5	13,4	0,5

* e ** - significativo a 5 e 1 % para teste Dunnett, respectivamente; cujas médias são comparadas com o tratamento milho solteiro.

Os teores de macro e micronutriente na folha diagnóstica da cultura do milho estão apresentados na Tabela 3 e não houve significância para interação entre as fontes de variação. Para o método de plantio no sulco o enxofre (S) proporcionou maiores valores em relação ao à lanço.

Para o mesmo nutriente na fonte de variação época de plantio o cultivo antecipado da forrageira apresentou maior teor em relação ao cultivo simultâneo, resultado similar pode ser observado para zinco e oposto para manganês e índice relativo de clorofila.

Segundo Almeida et al. (2017), os métodos de implantação do consórcio milho-massai plantados no mesmo período não afetam o crescimento, a produtividade de grãos e a concentração foliar de N do milho e quando a forrageira é plantada após quatro folhas do milho expandidas, reduz a produtividade de massa seca das plantas forrageiras.

Tabela 3 - Valores médios, teste de F e coeficiente de variação dos teores de nutrientes foliares e índice relativo de clorofila (IRC) na folha diagnóstica do milho, em função do consórcio, método de plantio e época de plantio das forrageiras

Consórcio (C)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	IRC
	----- g/kg -----						----- mg/kg -----					
Milho-Buffel	20,3	2,2	17,1	2,9	1,2	1,0	11,3	6,5	181,6	29,6	27,5	43,5
Milho-Massai	19,7	2,1	16,7	2,9	1,1	1,1	13,1	5,8	193,0	25,5	27,1	41,1
Teste F	0,63 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,20 ^{ns}	2,38 ^{ns}	0,18 ^{ns}	3,25 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,55 ^{ns}
Mét. Plantio Forrageira (MP)												
Lanço	19,7	2,1	16,4	2,8	1,1	1,0b	12,0	6,0	178,0	28,6	25,1	41,9
Sulco	20,3	2,2	17,4	3,0	1,2	1,2a	12,4	6,3	196,6	26,5	29,5	42,6
Teste F	0,42 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,12 ^{ns}	8,33*	0,06 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,88 ^{ns}	3,52 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Ép. Plantio Forrageira (EP)												
Simultâneo	20,0	2,1	16,2	2,9	1,1	1,0b	13,1	6,0	180,3	30,6a	24,2b	44,3a
Antecipado	20,0	2,2	17,6	2,9	1,2	1,2a	11,3	6,3	194,3	24,5b	30,3a	40,2b
Teste F	0,00 ^{ns}	0,36 ^{ns}	3,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,01 ^{ns}	5,00*	1,20 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,28 ^{ns}	7,13*	6,68*	5,01*
C x MP	1,88 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,31 ^{ns}	0,00 ^{ns}	5,02*	2,38 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,11 ^{ns}
C x EP	2,75 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,25 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,15 ^{ns}
MP x EP	3,80 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,17 ^{ns}	3,26 ^{ns}	3,01 ^{ns}
C x MP x EP	4,38 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,23 ^{ns}	4,13 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CV (%)	9,8	17,9	11,9	13,6	16,0	15,3	32,0	17,1	34,6	20,5	21,1	11,1

N - Nitrogênio; P - fósforo; K - potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; S - Enxofre; B - Boro; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês; Zn - Zinco; IRC - índice relativo de clorofila. Médias seguidas das letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ^{ns} e * - não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Na Tabela 4 são apresentados os teores de macro e micronutriente na folha diagnóstica da cultura do milho para os tratamentos consórcio, método e época de plantio em relação ao milho solteiro. Dentre os nutrientes verifica-se que o N proporcionou menores valores em todos os tratamentos em relação ao tratamento controle milho solteiro, exceto para o tratamento milho com massai no plantio em sulco antecipado.

Em relação a variável índice relativo de clorofila (IRC) para os tratamentos consorciados com buffel independentemente do tipo de plantio, na época cultivo da forrageira antecipado e para os tratamentos consórcio com massai pelo método de plantio à lanço antecipado e no sulco simultâneo proporcionaram valores menores que o milho solteiro. Considerando que o teor foliar de N e IRC apresentam alta correlação, e que os resultados obtidos para IRC também foram encontrados para teor de N, remete a uma possível necessidade de reposição maior de N quando do consórcio para estes tratamentos.

Comparando os resultados para os tratamentos com consórcio, época e método de plantio os padrões para folha-diagnóstica, segundo Cantarella et al. (1997), verificam que os elementos N, Mg e S estão abaixo, enquanto que os demais elementos estão dentro dos limites preconizados por aqueles autores. Com relação ao tratamento controle, estariam dentro da faixa de teores considerados adequados o P, K, Ca, B, Cu, Fe, Mn e Zn, enquanto que o N, Mg e o S abaixo.

Tabela 4 - Valores médios de teores de nutrientes foliares e índice relativo de clorofila (IRC) em função do consórcio e do tratamento controle (milho solteiro)

Consórcio	Método	Época	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	IRC
			----- g/kg -----						----- mg/kg -----					
Milho-Buffel	Lanço	Antecipado	20,06 ^{***}	2,19	18,20	2,83	1,27	0,96	9,66	6,66	154,66	24,66	25,66	36,9 [*]
Milho-Buffel	Lanço	Simultâneo	21,23 [*]	2,25	15,03	2,93	1,21	1,00	9,00	6,66	185,33	36,00	27,00	47,4
Milho-Buffel	Sulco	Antecipado	19,36 ^{**}	2,33	18,40	2,90	1,09	1,30	12,33	6,00	192,00	27,33	32,00	41,3 [*]
Milho-Buffel	Sulco	Simultâneo	20,76 [*]	2,22	17,03	3,20	1,16	1,06	14,33	6,66	194,66	30,66	25,33	45,7
Milho-Massai	Lanço	Antecipado	17,96 ^{***}	2,20	16,80	2,90	1,12	1,10	10,66	5,33	201,33	24,00	26,33	39,4 ^{**}
Milho-Massai	Lanço	Simultâneo	19,83 ^{**}	1,90	15,66	2,73	0,97	0,96	18,66	5,33	170,66	30,00	21,33	43,8
Milho-Massai	Sulco	Antecipado	22,86	2,23	17,26	3,10	1,29	1,36	12,66	6,00	229,33	22,00	37,33	43,2
Milho-Massai	Sulco	Simultâneo	18,20 ^{***}	2,19	17,06	2,86	1,13	1,10	10,33	6,66	170,66	26,00	23,33	40,4 [*]
Milho Solteiro			25,9	2,69	18,66	2,96	1,22	1,10	13,00	8,00	216,00	35,33	30,66	52,1

N - Nitrogênio; P - fosforo; K - potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; S - Enxofre; B - Boro; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês; Zn - Zinco; IRC - índice relativo de clorofila. ^{*}, ^{**} e ^{***} - significativo a 5, 1 e 0,01% para teste Dunnett, respectivamente; cujas médias são comparadas com o tratamento milho solteiro.

Para as variáveis biométricas das plantas de milho observa-se diferença significativa para a produtividade de grãos e biomassa de forragem total, observando maiores produtividade de grãos no consórcio milho-massai e melhor produtividade de forragem da cultura anual (milho) no consórcio com o buffel, ambas todas cultivadas na época de plantio das forrageiras simultâneas (Tabela 5), no entanto, isso mostra o processo compensatório entre as forrageiras e cultura anual (milho). Em relação às forrageiras no tratamento consórcio verifica-se significância de todas as variáveis mensuradas com maiores valores para o milho-buffel para altura do dossel e resultado oposto para número de perfilho, número de folhas por perfilho e produtividade de biomassa; também houve significância para a fonte de variação época de plantio para as variáveis: número de perfilho e de biomassa, com superioridade quando as forrageiras são cultivadas de maneira antecipada à cultura do milho.

Para o atributo biomassa quando somadas as produções de milho e forrageira constata-se maior produção no consórcio milho-massai quando a forrageira cultivada de maneira simultânea (Tabela 5). Isso pode ser justificado pelo maior valor de produtividade de biomassa de forragem do massai e a produtividade do milho praticamente semelhante entre os consórcios.

Com relação aos resultados observados verifica-se que ocorreu uma diminuição das características biométricas, principalmente, de produção de grãos de milho e de produtividade de biomassa com o cultivo antecipado das forrageiras em relação ao milho, o que foi verificado estatisticamente. De acordo com Jakelaitis et al. (2004), a competição existente entre as espécies pode inviabilizar o cultivo consorciado. Para Magalhães et al. (2002), uma das causas da queda de produtividade de grãos do milho é a limitação de luz em períodos críticos do desenvolvimento, como, por exemplo, no enchimento de grãos.

Porém Borghi et al. (2007), afirma que o conhecimento no comportamento das espécies, pela competição por fatores de produção, torna-se de grande importância para o êxito na formação da pastagem no período de chuvas, e para a produção satisfatória da cultura produtora de grãos.

Segundo Costa et al. (2012), em seus resultados de consórcio este sistema garante forragem para o fornecimento à alimentação animal, uma vez que, após a colheita da cultura granífera, a pastagem estabelecida pode ser utilizada como complemento forrageiro em época de escassez de alimento no ano.

Tabela 5 - Valores médios, teste de F e coeficiente de variação dos atributos biométricos e de biomassa (AP - altura de planta, AE - altura de inserção de espiga, GRÃOS - produtividade de grãos, BFT - biomassa de forragem total, AD - altura do dossel, DPP - número de perfilhos e N° folhas/perfilho - número de folhas por perfilhos) do milho e forrageiras, em função do consórcio, método de plantio e época de plantio das forrageiras

Consórcio (C)	AP	AE	GRÃOS	BFT	AD	DPP	N° folhas/perfilho	BFT	BFT
	----- Milho -----				----- Forrageiras -----			Milho+Forrageiras	
	----- m -----		----- t ha ⁻¹ -----		M			----- t ha ⁻¹ -----	
Milho-Buffel	1,7	0,8	3,5b	6,2a	0,6a	316,0b	8,9a	2,0b	8,1b
Milho-Massai	1,6	0,8	4,6a	3,9b	0,5b	1.103,0a	3,1b	7,5a	11,4a
Teste F	0,18 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,35 [*]	11,19 [*]	30,55 ^{**}	389,73 ^{**}	585,67 ^{**}	53,16 ^{**}	7,91 [*]
Método de Plantio Forrageira (MP)									
Lanço	1,7	0,9	3,5	4,7	0,52	736,6	5,8	4,5	9,3
Sulco	1,6	0,8	4,6	5,3	0,55	682,3	6,1	4,9	10,2
Teste F	0,50 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,86 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,69 ^{ns}
Época de Plantio da Forrageira (EP)									
Simultâneo	1,7	0,9	3,5a	7,7a	0,52	614,3b	6,0	3,4b	11,2a
Antecipado	1,6	0,8	1,7b	2,3b	0,56	804,6a	6,0	6,0a	8,4b
Teste F	3,74 ^{ns}	0,16 ^{ns}	54,24 ^{**}	62,74 ^{**}	2,60 ^{ns}	22,8 ^{**}	0,00 ^{ns}	12,15 [*]	6,11 [*]
C x MP	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,30 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,15 ^{ns}
C x EP	1,09 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,87 ^{ns}	19,82 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,85 ^{ns}	2,07 ^{ns}
MP x EP	0,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	5,36 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}	6,00 ^{ns}
C x MP x EP	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,32 ^{ns}
CV (%)	8,9	15,2	0,11	0,04	9,8	13,7	9,9	0,04	0,03

^{ns}, ^{*} e ^{**} - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas das letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p<0,05).

Com relação aos atributos biométricos, produção de grãos e biomassa do milho na comparação de cada tratamento de consórcio, métodos e épocas de plantio versus o milho solteiro observa-se diferença estatística para a fonte de variação produtividade de grãos (GRÃOS), cujo resultado indica melhor rendimento para o tratamento milho-buffel pelo método de plantio à lanço e cultivo simultâneo, para o tratamento milho-buffel pelo método de plantio no sulco e cultivo simultâneo e para o tratamento milho-massai pelo método de plantio no sulco e cultivo simultâneo (Tabela 6).

De acordo com Jakelaitis et al. (2005) avaliando rendimento de grãos de milho com culturas consorciada com a referida forrageira, detectaram redução significativa para produtividade de grãos de milho. Os mesmos autores avaliando a produção de biomassa dos consórcios verificaram que independente da época e método de plantio, não houve diferença em relação ao cultivo do milho solteiro.

Para a produtividade de massa seca de forragem a consorciação apresentou diferentes níveis de competição, tanto para espécie de forrageira quanto para épocas de cultivo, contudo para produção total de biomassa (milho e forrageiras) não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6). Observa-se que o sistema de consorcio é viável tanto pelo fato da conservação do solo como também para incrementar na produção de forragem com rebrota das forrageiras nos próximos anos, sendo uma alternativa de produção de forragem importante para o semiárido cearense.

Vale se ressaltar que o tipo de consórcio, o método de plantio e a época de plantio das forrageiras são fatores essenciais para definir não só um melhor desempenho de produtividade de massa seca de forragem, mas também da utilização de técnicas desenvolvidas para avaliar a viabilidade da mesma no sistema de plantio. Para o consórcio é necessário cuidados como semeadura das sementes e também dos tratos culturais, já que este sistema demanda de um manejo criterioso para o seu sucesso.

Em relação ao método de plantio das forrageiras foi observado na (Tabela 6) que não houve diferenças estatísticas em relação à produtividade. No entanto para Freitas et al. (2005) em estudos de consórcios afirmam que no plantio da forrageira a lanço, verificou-se menor rendimento em consequência do efeito negativo da falta de incorporação de sementes ao solo.

Entre as forrageiras para o plantio consorciado, a cultivar Massai mostra-se uma maior produtividade em comparação ao Buffel para as condições do Semiárido.

Tabela 6 - Valores médios de variação dos atributos biométricos e de biomassa (AP - altura de planta, AE - altura de inserção de espiga, GRÃOS - produtividade de grãos, BFT - biomassa de forragem total), em função do consórcio e do tratamento controle (milho solteiro)

Consórcio	Método	Época	AP	AE	GRÃOS	BFT	BFT [£]	BFT
			----- Milho -----			Forrageiras		Milho+Forrageiras
			----- m -----		----- t ha ⁻¹ -----		----- t ha ⁻¹ -----	----- t ha ⁻¹ -----
Milho-Buffel	Lanço	Antecipado	1,64	0,86	1,5*	3,0*	3,0 c	6,0
Milho-Buffel	Lanço	Simultâneo	1,84	0,89	4,9	8,8	0,9 c	9,8
Milho-Buffel	Sulco	Antecipado	1,60	0,82	3,9	2,9*	2,9 c	5,8
Milho-Buffel	Sulco	Simultâneo	1,76	0,90	1,6*	10,0	1,0 c	11,0
Milho-Massai	Lanço	Antecipado	1,67	0,91	0,5*	1,2*	8,5 a	9,7
Milho-Massai	Lanço	Simultâneo	1,73	0,87	4,3	5,8*	5,8 b	11,6
Milho-Massai	Sulco	Antecipado	1,64	0,84	1,7*	1,9*	9,9 a	11,8
Milho-Massai	Sulco	Simultâneo	1,69	0,84	3,2	6,5*	5,9 b	12,4
Milho Solteiro			1,90	0,90	5,6	11,1	-	11,1

* significativo a 5% para teste Dunnett, cujas médias são comparadas com o tratamento milho solteiro. [£] Médias seguidas das letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p<0,05)

Com relação à exportação de nutrientes do milho observa-se que houve diferença estatística para as fontes de variações do consórcio, onde o milho-buffel apresentou maiores valores de exportações dos nutrientes, exceto para o nutriente (S), e também na época de plantio da forrageira que apresentou diferença significativa onde obteve maiores valores dos nutrientes no cultivo simultâneo (Tabela 7). Isso mostra que a forrageira Massai necessita de maiores quantidade de nutrientes para obter uma maior produtividade de biomassa de forragem.

Quando se analisa o acúmulo de nutrientes das gramíneas forrageiras, verifica-se superioridade para o consórcio milho-massai para todos os nutrientes analisados (N, P, K, Ca, Mg e S). Para o método de plantio não houve diferença dos nutrientes exportados e para a época de plantio, o cultivo antecipado promoveu maior acúmulo para os macronutrientes estudados.

Para o acúmulo de nutrientes com a soma proveniente da planta de milho e das forrageiras observa-se que houve diferença entre as fontes de variação (Tabela 7). Em relação aos tipos de consórcio, os resultados mostra que o milho-massai apresentou maior acúmulo de nutrientes em relação ao milho-buffel. De acordo com Boer et al. (2007), a quantidade de nutrientes acumulada depende da espécie utilizada, do estágio fenológico, da produção de matéria seca e do período de plantio.

Em relação ao método de plantio, para a exportação de nutrientes não houve diferença significativas, já para época de plantio houve diferença para o nutriente Nitrogênio (N) e fosforo (P) com de maiores valores para o plantio simultâneo. De maneira geral a competição entre a cultura do milho e da forrageira fica evidente, com efeito, compensação para a forrageira quando do cultivo antecipado e o oposto ocorrendo para o milho quando do cultivo simultâneo.

Tabela 7 - Valores médios, teste de F e coeficiente de variação da exportação de nutrientes do milho e forrageiras, em função do consórcio, método de plantio e época de plantio das forrageiras

Consórcio (C)	N	P	K	Ca	Mg	S
Milho						
----- kg ha ⁻¹ -----						
Milho-Buffel	58,5a	10,4a	75,6a	12,9a	10,2a	4,6
Milho-Massai	36,2b	6,6b	43,0b	6,6b	5,7b	3,3
Teste F	13,25 *	8,62 *	10,98 ^{ns}	16,15 *	11,64 **	2,81 ^{ns}
Método de Plantio Forrageira (MP)						
Lanço	44,7	7,6	53,6	9,2	7,3	3,9
Sulco	50,1	9,4	65,0	10,4	8,5	4,1
Teste F	0,78 ^{ns}	1,87 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Época de Plantio da Forrageira (EP)						
Simultâneo	72,4a	13,1a	87,7a	14,7a	12,0a	6,1a
Antecipado	22,4b	4,0b	30,9b	4,9b	3,8b	1,9b
Teste F	66,69 **	50,65 **	33,20 **	38,94 **	39,65 **	30,42 **
C x MP	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,42 ^{ns}
C x EP	0,26 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,65 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,19 ^{ns}
MP x EP	0,01 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,09 ^{ns}
C x MP x EP	0,02 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}
CV (%)	5,2	36,9	4,4	24,9	25,2	74,6
Forrageiras						
Milho-Buffel	22,6b	3,1b	44,8b	5,2b	3,8b	1,7b
Milho-Massai	93,9a	10,8a	126,2a	25,5a	15,3a	7,2a
Teste F	33,20 **	32,62 **	28,43 **	55,29 **	50,95 **	38,08 **
Método de Plantio Forrageira (MP)						
Lanço	52,2	6,8	82,9	15,8	9,3	4,2
Sulco	64,3	7,1	88,1	14,9	9,8	4,7
Teste F	0,95 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Época de Plantio da Forrageira (EP)						
Simultâneo	41,9b	5,2b	59,6b	11,5b	6,9b	3,3b
Antecipado	74,5a	8,7a	111,5a	19,2a	12,2a	5,6a

Tabela 7, conclusão.

Teste F	6,92 [*]	7,08 [*]	11,54 [*]	8,07 [*]	10,73 [*]	7,13 [*]
C x MP	0,51 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,38 ^{ns}
C x EP	0,67 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,81 ^{ns}
MP x EP	0,92 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,10 ^{ns}
C x MP x EP	0,37 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,22 ^{ns}
CV (%)	5,4	32,0	1,6	18,3	23,2	66,9
Consórcio	Milho+Forrageiras					
Milho-Buffel	81,2b	13,5	120,5b	18,2b	14,0b	6,4b
Milho-Massai	130,2a	16,5	169,2a	32,2a	21,0a	10,6a
Teste F	9,43 [*]	2,96 ^{ns}	7,24 [*]	16,87 ^{**}	9,71 [*]	9,14 [*]
Método de Plantio Forrageira (MP)						
Lanço	96,9	14,5	136,5	25,0	16,6	8,1
Sulco	114,4	16,5	153,2	25,4	18,3	8,8
Teste F	1,20 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Época de Plantio da Forrageira (EP)						
Simultâneo	114,4a	18,2a	147,3	26,2	19,0	9,4
Antecipado	97,0b	12,7b	142,4	24,2	16,0	7,5
Teste F	1,19 ^{ns}	5,90 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,76 ^{ns}	1,78 ^{ns}
C x MP	0,28 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,57 ^{ns}
C x EP	0,69 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,99 ^{ns}	2,32 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,65 ^{ns}
MP x EP	0,62 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,13 ^{ns}
C x MP x EP	0,29 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}
CV (%)	1,8	18,2	1,8	12,5	11,4	26,3

^{ns}, ^{*} e ^{**} - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

A ordem decrescente de exportação dos macronutrientes para o milho foi de K > N > P > Ca > Mg > S, enquanto para as forrageiras foram K > N > Ca > Mg > P > S, respectivamente.

A comparação das exportações de nutrientes do milho entre os tratamentos consórcios, métodos e épocas de plantio em relação ao tratamento controle verifica-se que não houve diferença significativa dos tratamentos milho-buffel cultivado em época de plantio simultâneo no sulco e para o milho-buffel cultivado em época de plantio simultâneo a lanço em relação ao milho solteiro. Este resultado pode ser justificado pela possível competição entre as plantas de milho e as forrageiras para estes nutrientes muito próximos do tratamento do milho solteiro (Tabela 8).

Quando se considera a exportação de nutrientes das plantas de milho e das forrageiras em comparação com o milho solteiro, observa-se diferença para o nutriente Ca com maior valor exportado para tratamento milho-massai tanto para o método de plantio no sulco quanto a lanço e no cultivo antecipado e simultâneo em relação ao milho solteiro.

Tabela 8 - Comparação de médias de variação do acúmulo e exportação de nutrientes do milho, milho e forrageiras, em função do tratamento controle milho solteiro

Consórcio	Método	Época	N	P	K	Ca	Mg	S
Milho								
----- kg ha ⁻¹ -----								
Milho-Buffel	Lanço	Antecipado	29,30*	5,33*	34,33*	6,00*	5,20*	2,33*
Milho-Buffel	Lanço	Simultâneo	82,13	14,03	102,96	18,90	14,03	7,26
Milho-Buffel	Sulco	Antecipado	34,70*	5,23*	52,13*	7,56*	5,20*	2,43*
Milho-Buffel	Sulco	Simultâneo	88,00	17,16	113,23	19,46	16,23	6,60
Milho-Massai	Lanço	Antecipado	9,40*	1,83*	15,03*	2,13*	1,76*	1,03*
Milho-Massai	Lanço	Simultâneo	58,03	9,56*	62,13*	9,60*	8,20*	5,00
Milho-Massai	Sulco	Antecipado	16,30*	3,70*	22,33*	3,90*	3,03*	1,83*
Milho-Massai	Sulco	Simultâneo	61,40*	11,66	72,56	10,96*	9,76*	5,63
Milho Solteiro			111,53	20,13	112,80	19,73	18,06	7,80
Forrageiras								
Milho-Buffel	Lanço	Antecipado	30,10*	4,87*	71,90*	8,67*	6,27*	2,60*
Milho-Buffel	Lanço	Simultâneo	11,93*	1,47*	22,93*	2,73*	1,93*	0,90*
Milho-Buffel	Sulco	Antecipado	37,57*	4,50*	59,70*	6,97*	5,40*	2,47*
Milho-Buffel	Sulco	Simultâneo	10,87*	1,77*	24,80*	2,67*	1,87*	1,03*
Milho-Massai	Lanço	Antecipado	95,07*	11,73	144,70*	30,60*	16,23*	7,90
Milho-Massai	Lanço	Simultâneo	71,83*	9,27*	92,23	21,50	13,13*	5,43
Milho-Massai	Sulco	Antecipado	135,50	13,93	169,57*	30,93*	21,10	9,70
Milho-Massai	Sulco	Simultâneo	73,30*	8,27*	98,43	19,23	10,97*	5,83
Milho Solteiro			111,53	20,13	112,80	19,73	18,06	7,80
Milho+Forrageiras								
Milho-Buffel	Lanço	Antecipado	59,43	10,20	106,30	14,70	11,43	4,93
Milho-Buffel	Lanço	Simultâneo	94,06	15,46	125,86	21,63	15,93	8,13
Milho-Buffel	Sulco	Antecipado	72,30	9,73	111,83	14,53	10,53	4,90
Milho-Buffel	Sulco	Simultâneo	99,10	18,93	138,03	22,10	18,10	7,63
Milho-Massai	Lanço	Antecipado	104,53	13,60	159,73	32,73*	18,00	8,90
Milho-Massai	Lanço	Simultâneo	129,86	18,83	154,33	31,10*	21,33	10,43
Milho-Massai	Sulco	Antecipado	151,80	17,60	191,93	34,80*	24,13	11,53
Milho-Massai	Sulco	Simultâneo	134,70	19,86	170,96	30,23*	20,73	11,46
Milho Solteiro			111,53	20,13	112,80	19,73	18,06	7,80

* - significativo a 5 %, para teste Dunnett, respectivamente; cujas médias são comparadas com o tratamento milho solteiro.

Fica evidente que a exportação do cálcio no consórcio foi maior parte devido ao massai, principalmente quando é plantado antecipado. Assim, este resultado indica a necessidade de maior reposição de nutrientes para o emprego da técnica consorciação.

4. CONCLUSÃO

Para a diagnose foliar apenas o nitrogênio (N) proporcionou menores valores em todos os tratamentos em relação a tratamento milho solteiro, exceto para o tratamento milho-massai no cultivo no sulco antecipado.

Na exportação e acúmulo de nutrientes, o capim massai acumulou e exportou mais nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em relação ao capim buffel.

Em ordem decrescente de exportação dos macronutrientes para o milho foi de $K > N > P > Ca > Mg > S$ e enquanto para as forrageiras foram $K > N > Ca > Mg > P > S$.

Para a produtividade de massa seca de forragem a consorciação apresentou diferentes níveis de competição, tanto para espécie de forrageira quanto para épocas de cultivo, contudo para produção total de biomassa (milho e forrageiras) não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Entre as épocas de plantio, o cultivo simultâneo da gramínea com o milho promove melhor equilíbrio competitivo para o consórcio.

Entre as gramíneas forrageiras para o plantio consorciado, a cultivar Massai mostra-se mais produtiva em comparação ao Buffel para as condições do Semiárido.

O consórcio entre milho e massai com plantio simultâneo das culturas se apresenta como melhor alternativa para produção de biomassa de forragem e conservação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.E.M.; GOMES, C.M.; LAGO, B.C. et al. Corn yield, forage production and quality affected by methods of intercropping corn and *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.3, p.170-176, 2017.
- ALVARENGA, R.C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J. et al. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, v.27, n.233, p.106-126, 2006.

- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO, S.V. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura - pecuária - floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1-12, 2011.
- BARDUCCI, R.S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C.A.C. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p.211-222, 2009.
- BIANCO, S.; TONHAO, M.A.R.; PITELI, R.A. Crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.423-428, 2005.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.C.A. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.42, p.163-171, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DNPV/CLAV, 1992. 365p.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B., CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: Raij Bvan, Cantarella H, Quaggio J.A, Furlani A.M.C, editores. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. **Anais...**Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC; 1997. p.43-47.
- COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R.A. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1038-1047, 2012.
- DANTAS NETO, J.; SANTOS, F.A.S.; FURTADO, D.A. et al. Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim-buffel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1867-1874, 2000.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B. et al. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERNANDES, V.L.B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. et al. Cultivo consorciado de milho para silagem com *Brachiaria brizantha* no sistema de plantio convencional. **Planta Daninha**, v.23, n.4, p.635-644, 2005.

GARCIA, C.M.P.; ANDREOTTI, M.; FILHO TEIXEIRA, M.C.M. et al. Desempenho agrônomo da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, v.43, n.4, p.589-595, 2013.

GONTIJO NETO, M.M.; ALVARENGA, R.C.; PEREIRA FILHO, I.A. et al. **Recomendações de densidades de plantio e taxas de semeaduras de culturas anuais e forrageiras em plantio consorciado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Comunicado técnico, 137).

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.F.; FREITAS, F.C.L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**. v.22, p.553-560, 2004.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A. et al. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.59-67, 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J. et al. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap.4, p.131-141.

LUNA, A.A.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B. et al. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras, sob corte. **Bioscience Journal**, v.30, n.6, p.1803-1810, 2014.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.133- 146, 2009.

- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N.P. et al. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 22). Disponível em: <<https://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul22.pdf>>. Acesso em: 02/01/2018.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T. et al. Análise química de tecido vegetal. In: Silva, F. C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2009. Cap.1, p.193-233.
- PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M.V. et al. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura - pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.875- 882, 2011.
- PEREIRA FILHO, A.I (Ed.). **Cultivo do Milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1).
- SEIDEL, P.E.; GERHARDT, S.F.I.; CASTAGNARA, D.D. et al. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n.1, p.55-66, 2014.
- SILVEIRA, P.M.; SILVA, J.H.S.; LOBO JUNIOR, M. et al. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1170-1175, 2011.