



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FENOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE
Calotropis procera (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES
AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS**

ISAIAS VITORINO BATISTA DE ALMEIDA

**AREIA-PB
MARÇO – 2017**

ISAIAS VITORINO BATISTA DE ALMEIDA

**FENOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE
Calotropis procera (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES
AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS**

Orientador: Prof. Dr. Maílson Monteiro do Rêgo

Co-orientadora: Dr^a. Fabiane Rabelo da Costa Batista

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Agricultura Tropical.

AREIA-PB

MARÇO - 2017

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

A447f Almeida, Isaias Vitorino Batista de.

Fenologia e diversidade genética entre acessos de *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton baseada em caracteres agronômicos e bromatológicos / Isaias Vitorino Batista de Almeida. - Areia: UFPB/CCA, 2017.
95 f. : il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: Mailson Monteiro do Rêgo.

1. Planta xerófila – Fenologia 2. *Calotropis procera* – Diversidade genética 3. Plantas – Melhoramento genético I. Rêgo, Mailson Monteiro do (Orientador) II. Título.

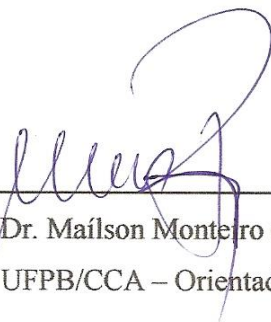
UFPB/CCA

CDU: 581(043.2)

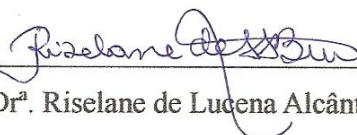
ISAIAS VITORINO BATISTA DE ALMEIDA

**FENOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE
Calotropis procera (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES
AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS**

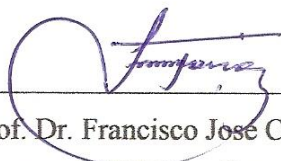
BANCA EXAMINADORA:



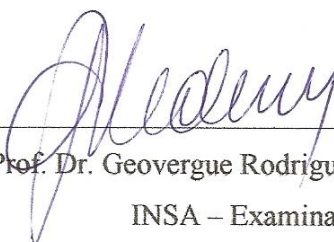
Prof. Dr. Mailson Monteiro do Rêgo
UFPB/CCA – Orientador



Prof.ª Dr.ª Riselane de Lucena Alcântara Bruno
UFPB/CCA – Examinador



Prof. Dr. Francisco José Correia Farias
EMBRAPA ALGODÃO – Examinador



Prof. Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros
INSA – Examinador

Dedico

Aos meus pais Antonio Batista de Almeida Filho e Josefa Clarice Vitorino de Almeida

A minha filha Maria Júlia Sarmiento de Almeida

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tudo que tem acontecido na minha vida e da minha família, que sempre me dá proteção, oportunidades, sabedoria e saúde para superar todos os desafios.

A minha mãe, pelo amor, dedicação e sacrifício, sempre disponível em todos os momentos; ao meu pai, pelo companheirismo e ensinamentos da vida, meus irmãos e toda minha família pelo apoio e por acreditarem no meu potencial.

A minha filha Maria Júlia, pelo amor e carinho. Melhor presente de Deus. Motiva-me para crescer na vida. Você me faz feliz!

A dona Elza (*in memoriam*) e seu Sarmento, pelo apoio e carinho. Incentivaram para seguir os estudos.

À Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e Pesca (SEDAP) pela contribuição financeira, órgão que tenho vínculo empregatício.

A meu orientador, Maílson Monteiro do Rêgo, pela grande contribuição na minha formação profissional. Me acolheu quando mais precisei de ajuda para seguir no doutorado e acreditou no meu potencial, onde me deu carta branca para desenvolver a pesquisa. Suas sugestões foram inovadoras e de grande importância para meu aprendizado!

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela formação acadêmica, em especial, aos professores das disciplinas pelos ensinamentos, Elizanilda, Riselane, Edna, Silvanda, Adriana, Luciana, Roseane, Maílson, Walter, Jacob e Ítalo.

Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) por fornecer a estrutura física para realização da pesquisa, bem como o material para estudo molecular;

Ao laboratório de análise de alimentos da UFPB, pois disponibilizou a estrutura física para a realização da análise bromatológica, em especial ao funcionário Juraci Marcos pela acolhida e ajuda, além do funcionário Jota Sales.

A minha co-orientadora, Fabiane Rabelo da Costa Batista, pela receptividade, atenção e confiança. Me ajudou muito na caminhada, sempre com conselhos construtivos e ensinamentos acadêmicos. Me deu total liberdade para utilizar as dependências do INSA.

Aos membros da banca do exame de qualificação, Maílson, Elizanilda, Geovergue e Fabiane, pelos ensinamentos e contribuições na minha formação.

Aos membros da banca da tese, Maílson, Riselane, Geovergue e José Farias, pelos ensinamentos e contribuições na melhoria do trabalho.

Aos colegas de turma com maior proximidade, Wellison, Jean, Kércio e Renan, pessoas que tive a oportunidade de cultivar uma boa amizade. Além de Kildemar, Gilton, Wennia, Renata, Enoque, Emanuel, Otilia, Arliston, Rodrigo, Lindamara, Marcelo, Neto, Giliane, Fernando, Gilmar, Rosinaldo, Amanda, Valério, Luana, Josyelen, Erton, Eleide, Karialane e Demetrius, além de todos os outros colegas das disciplinas.

Aos colegas do laboratório de biotecnologia do CCA da UFPB pelo apoio, sempre estavam disponíveis para ajuda, principalmente a Gláucia Medeiros pela ajuda na pesquisa com marcador molecular.

Aos funcionários da fazenda experimental do INSA pela disponibilidade de ajudar na instalação e condução do experimento, principalmente ao funcionário Valdir.

Agradeço a todos que de qualquer forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	7
FENOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE <i>Calotropis procera</i> (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS.....	9
RESUMO GERAL.....	10
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2. REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO I. FENOLOGIA DE ACESSOS DE <i>Calotropis procera</i> (Ait.) W.T. Aiton COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS.....	19
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4. CONCLUSÕES.....	40
5. REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO II. DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE <i>Calotropis procera</i> (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES AGRONÔMICOS.....	46
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	48
1. INTRODUÇÃO.....	49
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4. CONCLUSÕES.....	65
5. REFERÊNCIAS.....	66
CAPÍTULO III. DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE <i>Calotropis procera</i> (Ait.) W.T. Aiton COM BASE NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA.....	70
RESUMO.....	71
ABSTRACT.....	72
1. INTRODUÇÃO.....	73

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	75
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4. CONCLUSÕES.....	90
CONCLUSÃO GERAL.....	91
5. REFERÊNCIAS.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localização geográfica dos pontos de coleta de sementes de <i>C. procera</i> na região Nordeste do Brasil.....	24
Tabela 2. Resumo das análises de variância e estimativas de parâmetros genéticos dos 23 caracteres agronômicos de 70 acessos de <i>C. procera</i>	56
Tabela 3. Agrupamento dos 70 acessos de <i>C. procera</i> pelo método de otimização de Tocher.	58
Tabela 4. Variáveis canônicas e suas respectivas importâncias relativas [Raiz (%)] e acumuladas [Raiz Acumulada (%)] para os 23 caracteres agronômicos avaliados nos 70 acessos de <i>C. procera</i>	62
Tabela 5. Importância relativa de 23 caracteres agronômicos para diversidade genética entre os 70 acessos de <i>C. procera</i> , conforme (SINGH, 1981).....	64
Tabela 6. Valores médios das 15 características de produção e da composição bromatológica dos 70 acessos de <i>C. procera</i>	79
Tabela 7. Agrupamento dos 70 acessos de <i>C. procera</i> pelo método de Tocher.....	83
Tabela 8. Autovalores da matriz de correlação e porcentagem de explicação da variância acumulada.....	86
Tabela 9. Contribuição relativa dos 15 caracteres de produção e composição bromatológica para diversidade dos 70 acessos de <i>C. procera</i> , conforme (SINGH, 1981).....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica da coleta de sementes de <i>C. procera</i> na região Nordeste do Brasil.	25
Figura 2. Médias mensais de temperatura (°C) média, máxima, mínima e umidade relativa do ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período de avaliação do experimento.....	27
Figura 3. Estádios vegetativos de acessos de <i>C. procera</i> , cultivados em vasos em casa de vegetação do Instituto Nacional do Semiárido (INSA).....	30
Figura 4. Estádios reprodutivos de acessos de <i>C. procera</i> , cultivados em vasos em casa de vegetação do Instituto Nacional do Semiárido (INSA).....	32
Figura 5. Modelos de regressão das médias gerais e amplitude de variação das características: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento da folha, largura da folha,	

área foliar, área foliar total e fluorescência da clorofila a e b de folhas do ápice dos 70 acessos de <i>C. procera</i> em função do tempo de cultivo, em dias após a semeadura (DAS).....	34
Figura 6. Modelos de regressão das médias gerais e amplitude de variação da massa verde do caule, massa verde da folha, massa verde total, massa seca do caule, massa seca da folha, massa seca total, taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) de 70 acessos de <i>C. procera</i> em função do tempo de cultivo, em dias após a semeadura (DAS).	38
Figura 1. Localização geográfica da coleta de sementes de <i>C. procera</i> na região Nordeste do Brasil.	52
Figura 8: Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, a partir da matriz de dissimilaridade (D^2) dos 70 acessos de <i>C. procera</i> com base em 23 caracteres agronômicos. Coeficiente de correlação cofenética 0,777. Linha pontilhada representa o ponto de corte com base na metodologia proposta por (MOJENA, 1977).	60
Figura 9. Dispersão gráfica de escores dos 70 acessos de <i>C. procera</i> em relação às duas primeiras variáveis canônicas, estabelecidas pelos 23 caracteres agronômicos. Os círculos delimitam os grupos formados.	63
Figura 1. Localização geográfica da coleta de sementes de <i>C. procera</i> na região Nordeste do Brasil.	76
Figura 11: Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, a partir da matriz de dissimilaridade dos 70 acessos de <i>C. procera</i> com base em 15 características de produção e composição bromatológica. Coeficiente de correlação cofenética 0,7844. Linha pontilhada representa o ponto de corte com base na metodologia proposta por (MOJENA, 1977).	85
Figura 12. Dispersão gráfica de 70 acessos de <i>C. procera</i> , baseada em escores de 15 caracteres de produção e composição bromatológica, representado pelos três primeiros componentes principais.	88

**FENOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE
Calotropis procera (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES
AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS**

ALMEIDA, Isaias Vitorino Batista de. **FENOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) PPGA/CCA/UFPB, Areia, Paraíba, Brasil. Orientador: Maílson Monteiro do Rêgo. Co-Orientador: Fabiane Rabelo da Costa Batista.

RESUMO GERAL: *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton é uma espécie perene e xerófila com potencial de cultivo para produção de forragem no Semiárido brasileiro. Em função da sua importância econômica objetivou-se com a pesquisa avaliar a fenologia e a diversidade genética entre acessos de *C. procera* por meio de caracteres agronômicos e bromatológicos. Foram coletadas sementes de 70 acessos de *C. procera* entre outubro de 2015 e janeiro de 2016, em áreas de ocorrência natural da espécie, na região Nordeste do Brasil. Atualmente estes acessos compõem a coleção de germoplasma do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O experimento foi conduzido em casa de vegetação no INSA, em Campina Grande – PB, entre janeiro e setembro de 2016. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 10 litros, preenchidos com solo, onde foi feita a adubação conforme recomendação de análise do solo e foram irrigadas em intervalos de 3 dias. No estudo da fenologia as características morfofisiológicas foram avaliadas a cada 30 dias, com início aos 30 dias após a semeadura (DAS) e término aos 240 DAS. Os índices fisiológicos foram estimados até os 120 DAS e foi avaliada a queda de folhas, a floração e a frutificação. Obteve-se a média de cada característica com o ajuste e seleção dos modelos de regressão para explicar o crescimento de *C. procera* com base no coeficiente de determinação. O estágio vegetativo de *C. procera* ocorre durante os 240 DAS, com queda e produção de folhas continuamente, enquanto que o estágio reprodutivo se inicia aos 153 DAS, prosseguindo até os 222 DAS, dependendo do acesso, tornando-se constante a emissão de inflorescência nas plantas após o início da floração. No estudo de diversidade genética por meio de caracteres agronômicos, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições e utilizou-se dados de 23 características e houve diferença significativa ($p < 0,01$) pelo teste F em todos os caracteres, onde as estimativas dos parâmetros genéticos comprovaram o efeito genético na expressão dos caracteres, com destaque para as estimativas de herdabilidade (h^2) de alta magnitude. Além disso, realizou-se a análise de Variáveis Canônicas e de agrupamento pelos métodos de Tocher e UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). As características de fitomassa são as que mais contribuem para a divergência genética em genótipos de *C. procera*. Na pesquisa de divergência

genética com base na composição bromatológica, foi feita a coleta das plantas aos 120 DAS e obteve-se as seguintes características de produção: massa verde do caule, massa verde da folha, massa verde total, massa seca do caule, massa seca da folha e massa seca total. Além disso, determinaram-se os teores de matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos. Com base nesses caracteres obteve-se a análise de componentes principais, de agrupamento pelo método de Tocher e UPGMA. Todas as características de produção e da composição bromatológica, com exceção da fibra em detergente ácido, contribuem para divergir geneticamente os acessos de *C. procera*. Existe variabilidade genética entre os 70 acessos de *C. procera* com base nos caracteres agronômicos e bromatológicos. Os acessos 1, 12, 20, 39, 48, 50, 57, 67 e 70 são promissores no programa de melhoramento de *C. procera*, com potencial agronômico e forrageiro, podendo ser utilizados como genitores em programas de hibridação e indicados para compor futuros estudos.

Palavras chave: Crescimento, melhoramento genético, planta xerófila, variabilidade genética

ALMEIDA, Isaias Vitorino Batista de. **PHENOLOGY AND GENETIC DIVERSITY AMONG ACCESSIONS OF *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton BASED ON AGRONOMIC AND BROMATOLOGICAL CHARACTERS.** 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) PPGA/CCA/UFPB, Areia, Paraíba, Brasil. Orientador: Maílson Monteiro do Rêgo. Co-Orientador: Fabiane Rabelo da Costa Batista.

ABSTRACT: *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton is a perennial and xerophilous species with crop potential for forage production in the Brazilian semi-arid region. Due to its economic importance, the aim was to evaluate phenology and genetic diversity among *C. procera* accessions through agronomic and bromatological characteristics. Seeds of 70 accessions of *C. procera* were collected between October of 2015 and January of 2016, in areas of natural occurrence of the species in the Northeast region of Brazil. Currently these accessions make up the germplasm collection of the National Institute of the Semi-arid (INSA). The experiment was conducted in a greenhouse in the INSA, in Campina Grande - PB, between January and September 2016. The plants were cultivated in plastic pots with capacity of 10 liters, filled with soil, where the fertilization was done according to soil analysis and recommendation, and were irrigated every 3 days. In the phenology study, the morphophysiological characteristics were evaluated every 30 days, beginning at 30 days after sowing (DAS) and ending at 240 DAS. Physiological indexes were estimated up to 120 DAS and leaf fall, flowering and fruiting were evaluated. Obtained the mean of each characteristic with the adjustment and selection of regression models to explain the growth of *C. procera* based on the coefficient of determination. The vegetative stage of *C. procera* occurs during the 240 DAS, with fall and production leaf continuously, while the reproductive stage begins at 153 DAS, pursuing until 222 DAS, depending on the accession, making constant issuing of inflorescences on plants after the beginning of flowering. In the study of genetic diversity by agronomic characters, the experimental design was a randomized block with three replicates and data from 23 traits were used, and there was a significant difference ($p < 0.01$) for the F test in all characters, where the genetic parameters estimates proved the genetic effect on the characters expression, with high heritability (h^2) estimates of high magnitude. In addition, the analysis of Canonic Variables and grouping by the Tocher and UPGMA methods (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) was performed. Phytomass characteristics are the main contributors to genetic divergence in *C. procera* genotypes. In the research of genetic divergence based on the bromatological composition, the plants were collected at 120 DAS, and the following production characteristics

were obtained: stem fresh mass, leaf fresh mass, total fresh mass, stem dry mass , leaf dry mass and total dry mass. In addition, dry matter, mineral matter, organic matter, crude protein, ethereal extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, total carbohydrates and non-fibrous carbohydrates were determined. The principal components analysis was obtained by grouping by the Tocher method and UPGMA based on these characters. All the production characteristics and the bromatological composition, with the exception of acid detergent fiber, contribute to the genetic divergence of *C. procera* accessions. There is genetic variability among the 70 accessions of *C. procera* based on agronomic and bromatological characters. Accessions 1, 12, 20, 39, 48, 50, 57, 67 and 70 are promising in the breeding program of *C. procera*, with agronomic and forage potential, and can be used as parents in hybridization programs and indicated to compose future studies.

Keywords: xerophytic plant, growth, genetic improvement, genetic variability.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A flor-de-seda (*Calotropis procera* [Ait.] W.T. Aiton) é uma espécie nativa da África, Madagascar, Península Arábica, Sudoeste da Ásia, Índia e da China a Malásia, pertencente à família Apocynaceae e subfamília Asclepiadoideae (RAHMAN e WILCOCK, 1991; SOBRINHO et al., 2013). É uma planta perene, xerófila, que cresce em regiões áridas e semi-áridas, conhecida como espécie resistente a seca e com tolerância a salinidade (HASSAN et al., 2015).

É uma planta com potencial de cultivo para produção de forragem no Semiárido brasileiro, pois permanece sempre verde durante todo o ano, mesmo em épocas de seca (COSTA et al., 2009). Pesquisas constataram o potencial forrageiro de *C. procera*, em função da produção de biomassa (OLIVEIRA e SOUTO, 2009), da produtividade da matéria seca e por meio da composição bromatológica (ABBAS, et al., 1992; ANDRADE et al., 2008; LIMA et al., 2004; LIMA et al., 2005; OLIVEIRA e SOUTO, 2009; SILVA et al., 2010).

Além disso, seu látex é utilizado como coagulante de leite para fabricação de queijos na África Ocidental (RAHEEM et al., 2007), é uma planta utilizada na indústria farmacêutica como planta medicinal (YAO et al., 2015), possuindo potencial alelopático para controle biológico de ervas daninhas e insetos (SAMREEN et al., 2009), fitorremediador de metais pesados (D'SOUZA et al., 2010) e potencial de cultivo para produção de biodiesel, especialmente em regiões semi-áridas (BARBOSA et al., 2014).

Em função da sua importância econômica se faz necessária a realização de estudos acerca de diversidade genética e de fenologia com *C. procera*, sobretudo devido a carência de pesquisas nessas áreas. O estudo da diversidade genética é de extrema importância na fase inicial de um programa de melhoramento genético (NEGREIROS et al., 2008), visando selecionar potenciais genitores para cruzamentos. Segundo Cruz (2005), o sucesso de um programa de melhoramento vegetal é consequência direta da existência de variabilidade na população de trabalho, sendo recomendados indivíduos superiores e divergentes para o intercruzamento.

Pesquisas tem mostrado com *C. procera* estudos de diversidade genética por meio de marcadores moleculares (MAHMOOD et al., 2013; EL-BAKRY et al., 2014; YAO et al., 2015) e verificaram ocorrência de variabilidade genética. Por outro lado, Yao et al. (2015) descrevem que pouco se sabe sobre a diversidade genética em *C. procera* e com isso, faz-se necessária a realização de novas pesquisas.

Além do estudo da diversidade genética, outra etapa importante no programa de melhoramento genético de *C. procera* é a caracterização do crescimento de acessos da espécie, por meio de análise quantitativa do crescimento ou mesmo através do estudo da fenologia. Por sua vez, (Zhang et al., 2006) descrevem que o estudo da fenologia fornece conhecimento sobre o padrão do crescimento e desenvolvimento da planta, bem como os efeitos do meio ambiente no comportamento da floração e frutificação.

A descrição fenológica constitui ferramenta eficaz no manejo de uma cultura, visto que possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, os eventos fisiológicos que se destacam em cada estágio de desenvolvimento. Além disso, a análise de crescimento tem sido usada na tentativa de explicar diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente (PEIXOTO e PEIXOTO, 2009) e constitui uma ferramenta eficiente para a identificação de materiais promissores (BENINCASA, 2004), favorecendo os trabalhos de melhoramento na busca por materiais mais produtivos, por exemplo, com maior potencial forrageiro, resistente a seca e a pragas.

Nesse contexto, a realização de pesquisas preliminares envolvendo o germoplasma de ocorrência natural do território brasileiro torna-se uma etapa importante no programa de melhoramento de *C. procera*. Ressalte-se ainda que, estudos de diversidade genética bem como a caracterização do crescimento de acessos de *C. procera* são etapas fundamentais para compreensão da variabilidade genética e da dinâmica da espécie, respectivamente, como forma de subsidiar a elaboração de estratégias de cultivos e na realização de futuras pesquisas na área de melhoramento genético. Dessa forma, objetivou-se avaliar a fenologia e a diversidade genética entre acessos de *C. procera* por meio de caracteres agrônômicos e bromatológicos.

2. REFERÊNCIAS

ABBAS, B.; EL-TAYEB.; SULLEIMAN, Y. R. *Calotropis procera*: feed potencial for arid zones. **Veterinary-Record**. v. 131, n. 6, p. 132, 1992.

ANDRADE, M. V. M.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A.P.; MEDEIROS, A. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; CÂNDIDO, M. J. D.; PINTO, M. S. C. Produtividade e qualidade da flor-de-seda em diferentes densidades e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.1-8, 2008.

BARBOSA, M. O.; de ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; da SILVA, S. I.; de OLIVEIRA, A. F. M. Seed oil content and fatty acid composition from different populations of *Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton (Apocynaceae). **Journal of the American Oil Chemists' Society**, New York, v. 91, n.8, p. 1433-1441, 2014.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 42p.

COSTA, R. G.; de MEDEIROS, A. N.; ALVES, A. R.; de MEDEIROS, G. R. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2009.

CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 394 p.

D'SOUZA, R. J.; VARUN, M.; MASI, J.; PAUL, M. S. Identification of *Calotropis procera* L. as a potential phytoaccumulator of heavy metals from contaminated soils in Urban North Central India. **Journal of hazardous materials**, v. 184, n. 1, p. 457-464, 2010.

EL-BAKRY, A. A.; HAMMAD, I. A.; RAFAT, F. A. Polymorphism in *Calotropis procera*: preliminary genetic variation in plants from different phytogeographical regions of Egypt. **Rendiconti Lincei**, v. 25, n. 4, p. 471-477, 2014.

HASSAN, L. M.; GALAL, T. M.; FARAHAT, E. A.; EL-MIDANY, M. M. The biology of *Calotropis procera* (Aiton) WT. **Trees**, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2015.

LIMA, A. B; SILVA, A. M. A.; MEDEIROS, A. N; RODRIGUES, O. G; ARAÚJO, G. T.; COSTA, R. G. Estudos preliminares de *Calotropis procera* S. W. na dieta de ovino **Agropecuária Científica no Semi-árido**, n. 01, p. 15-24, 2005.

LIMA, G. F. C.; AGUIAR, E. M.; PEREIRA, G. F.; MACIEL, F. C.; GUEDES, F. X.; TORRES, J. F.; SILVA, J. G. M.; SOUZA, N. A.; LIMA, C. A. C.; MEDEIROS, H. R.; GARCIA, L. R. U. C. Flor de seda: fonte de feno de qualidade para os sertões. In: _____. **Armazenamento de Forragens para Agricultura Familiar**. Natal: EMPARN, 2004. 40p.

MAHMOOD, T.; ASLAM, R.; REHMAN, S.; NAQVI, S. M. S. Molecular markers assisted genetic characterization of different salt tolerant plant species. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 23, p. 1441-1447, 2013.

NEGREIROS, J. R. D. S.; ALEXANDRE, R. S.; ÁLVARES, V. D. S.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D. Divergência genética entre progênies de maracujazeiro-amarelo com base em características das plântulas. **Revista brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p. 197-201, 2008.

OLIVEIRA, V. M.; SOUTO, J. S. Estimativa da produção de biomassa de *Calotropis procera* (Ait) R. BR. e avaliação de sua composição química no estado da Paraíba. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 141-161, 2009.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: _____. **Tópicos em Ciências Agrárias**. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, v. 1, p. 39-53, 2009.

RAHEEM, D.; SURI, N.; SARIS, P. E. The characterization and application of *Calotropis procera*, a coagulant in Nigerian Wara cheese. **International journal of food science & technology**, v. 42, n. 2, p. 220-223, 2007.

RAHMAN, M. A.; WILCOCK, C. C. A taxonomic revision of *Calotropis* (Asclepiadaceae). **Nordic Journal of Botany**, v. 11, n. 3, p. 301-308, 1991.

SAMREEN, U.; HUSSAIN, F.; SHER, Z. Allelopathic potential of *Calotropis procera* (ait.) ait. **Pakistan Journal Plant Sciences**, v. 15, n. 1, p. 7-14, 2009.

SILVA, J. G. M.; da COSTA LIMA, G. F.; de AGUIAR, E. M.; de MELO, A. A. S.; RÊGO, M. M. T. Cactáceas nativas associadas a fenos de flor de seda e sabiá na alimentação de borregos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 123-129, 2010.

SOBRINHO M. S.; TABATINGA G. M; MACHADO I. S.; LOPES, A. V. Reproductive phenological pattern of *Calotropis procera* (Apocynaceae), an invasive species in Brazil: annual in native areas; continuous in invaded areas of caatinga. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 2, p. 456-459, 2013.

YAO, D. A. R. A.; SPRYCHA, Y.; POREMBSKI, S.; HORN, R. AFLP assessment of the genetic diversity of *Calotropis procera* (Apocynaceae) in the West Africa region (Benin). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 62, n. 6, p. 863-878, 2015.

ZHANG, G.; SONG, Q.; YANG, D. Phenology of *Ficus racemosa* in Xishuangbanna, Southwest China. **Biotropica**, v.38, p.334-341, 2006.

CAPÍTULO I

FENOLOGIA DE ACESSOS DE *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS

FENOLOGIA DE ACESSOS DE *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS

RESUMO: Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a fenologia de acessos de *C. procera* com base em características morfofisiológicas. Foram coletadas sementes de 70 acessos de *C. procera* entre outubro de 2015 e janeiro de 2016, em áreas de ocorrência natural da espécie, na região Nordeste do Brasil. Atualmente esses acessos compõem a coleção de germoplasma do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O experimento foi conduzido em casa de vegetação no INSA, em Campina Grande – PB, entre janeiro e setembro de 2016. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos preenchidos com solo, onde foi feita a adubação conforme recomendação de análise do solo e foram irrigadas em intervalos de 3 dias. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em três repetições. Realizaram-se leituras de características morfofisiológicas, inicialmente aos 30 dias após a semeadura (DAS) com avaliações intercaladas em 30 dias até os 240 DAS. Além disso, estimaram-se os índices fisiológicos até os 120 DAS e avaliaram-se a queda de folhas, a floração e a frutificação. Obteve-se a média de cada característica com o ajuste e seleção dos modelos de regressão para explicar o crescimento de *C. procera*, com base no coeficiente de determinação. O estágio vegetativo de *C. procera* ocorre durante os 240 DAS, com queda e produção de folhas continuamente, enquanto que o estágio reprodutivo se inicia aos 153 DAS, prosseguindo até os 222 DAS, dependendo do acesso, tornando-se constante a emissão de inflorescência nas plantas após o início da floração. Os índices fisiológicos são eficientes para estimar o crescimento de acessos de *C. procera*.

Palavras chave: Crescimento vegetativo, flor-de-seda, planta xerófila, sistema reprodutivo

**PHENOLOGY OF ACCESSIONS OF *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton
BASED ON MORPHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS**

ABSTRACT: The aim of this research was to evaluate the accessions phenology of *C. procera* based on morphophysiological characteristics. Seeds of 70 accessions of *C. procera* were collected between october of 2015 and january of 2016, in areas of natural occurrence of the species, in the Northeast region of Brazil. Currently these accessions make up the germplasm collection of the National Institute of the Semi-arid (INSA). The experiment was conducted in a greenhouse in the INSA, in Campina Grande - PB, between January and September 2016. The plants were cultivated in plastic pots with capacity of 10 liters, filled with soil, where the fertilization was done according to soil analysis and recommendation, and irrigated every 3 days. The experimental design was in randomized blocks in three replicates. Morphophysiological characteristics were read, initially at 30 days after sowing (DAS) with 30-day intercalated evaluations up to 240 DAS. In addition, the physiological indexes were estimated up to 120 DAS, and leaf fall, flowering, and fruiting were evaluated. Obtained the mean of each characteristic with the adjustment and selection of regression models to explain the growth of *C. procera* based on the coefficient of determination. The vegetative stage of *C. procera* occurs during the 240 DAS, with fall and production leaf continuously, while the reproductive stage begins at 153 DAS, pursuing until 222 DAS, depending on the accession, making constant issuing of inflorescences on plants after the beginning of flowering. The physiological indexes are efficient to estimate the growth of *C. procera* accessions.

Keywords: Vegetative growth, silk blossom, xerophytic plant, reproductive system

1. INTRODUÇÃO

Calotropis procera (Ait.) W.T. Aiton (Asclepiadaceae) é uma espécie vegetal perene, lactífera, rica em metabólitos secundários, com sistema reprodutivo com autocompatibilidade e autogamia (MOHAMED et al., 2015; TABATINGA FILHO, 2008). Conhecida devido a resistência a seca e por tolerar condições climáticas adversas e solos pobres (Parsons and Cuthbertson 2001; Lottermoser 2011). É utilizada como planta medicinal, na fabricação de queijos, com potencial fitorremediador, alelopático e para produção de bioenergia e biocombustíveis (HASSAN, et al., 2015). Além disso, tem sido estudada devido ao seu potencial invasor em áreas degradadas (ISMAIL, 1992; SOBRINHO, et al., 2013; FARAHAT et al., 2015).

No Brasil, pesquisadores destacam o potencial forrageiro da espécie, por conta da produtividade da matéria seca (LIMA et al., 2004), da produção de biomassa (OLIVEIRA e SOUTO, 2009) e da composição química da espécie (ANDRADE et al., 2008; OLIVEIRA e SOUTO, 2009), sendo recomendada na alimentação animal. Por sua vez, Costa et al. (2009) enfatizam que são necessários mais estudos quanto a sua forma de produção.

Nesse sentido, a produção primária das culturas tem sido estimada por pesquisadores por meio de análise quantitativa do crescimento ou mesmo através do estudo da fenologia, onde Zhang et al. (2006) descrevem ser um estudo que fornece conhecimento sobre o padrão do crescimento e desenvolvimento da planta, bem como os efeitos do meio ambiente no comportamento da floração e frutificação. A descrição fenológica constitui-se em ferramenta eficaz no manejo de uma cultura, já que possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, os eventos fisiológicos que se destacam em cada estágio de desenvolvimento (PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

Por sua vez, Barbero et al. (2013) acrescentam que a análise de crescimento de plantas é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo. Além disso, a análise de crescimento tem sido usada na tentativa de explicar diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente (PEIXOTO e PEIXOTO, 2009) e constitui uma ferramenta muito eficiente para a identificação de materiais promissores (BENINCASA, 2004), auxiliando os trabalhos de melhoramento na busca por materiais mais produtivos.

Pesquisas avaliaram a fenologia de *C. procera* em ambientes com ocorrência natural, ou seja, em áreas urbanas de Cairo, Egito (FARAHAT et al., 2015) e em áreas de Caatinga em Serra Talhada, Brasil (SOBRINHO, et al., 2013) e verificaram floração e frutificação contínua ao

longo de todo ano. Analisaram a fenologia por meio do cultivo, através da estimativa de índices fisiológicos (ISMAIL, 1992), além da avaliação da rebrota da espécie (ANDRADE, et al., 2005). O crescimento inicial de *C. procera* vem sendo estudado, em função de estresse hídrico (BOUTRA, 2010; FROSI, et al., 2013), de diferentes substratos (OLIVEIRA et al., 2009) e da avaliação de diferentes genótipos (ALMEIDA et al., 2017).

Entretanto, inexistem estudos caracterizando o crescimento de acessos de *C. procera* provenientes de diferentes regiões do Nordeste do Brasil a partir do cultivo de sementes. Ressalte-se ainda que, a caracterização do crescimento de acessos de *C. procera* é uma etapa fundamental para compreensão da dinâmica da cultura e para subsidiar informações na elaboração de estratégias de cultivos e na realização de pesquisas futuras, sobretudo na área de melhoramento genético. Sendo assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a fenologia de acessos de *C. procera* com base em características morfofisiológicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas sementes de 70 acessos de *C. procera* entre outubro de 2015 e janeiro de 2016, em áreas de ocorrência natural da espécie, na região Nordeste do Brasil, conforme se observa na Tabela 1 e Figura 1. Atualmente, esses acessos compõem a coleção de germoplasma do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação no INSA, em Campina Grande – PB (7°16'23.25 S 35°58'17.06" W e altitude 531 m), entre janeiro e setembro de 2016.

Tabela 1. Localização geográfica dos pontos de coleta de sementes de *C. procera* na região Nordeste do Brasil.

Acesso	Localização geográfica		Acesso	Localização geográfica		Acesso	Localização geográfica	
1	7°3'34.164"	34°51'2.448"	25	7°4'26.172"	36°21'4.392"	49	6°41'21.024"	36°40'0.864"
2	7°16'14.868"	35°45'18.18"	26	7°2'0.684"	36°24'33.876"	50	5°59'24.732"	35°34'34.236"
3	7°14'15.588"	35°38'19.08"	27	7°4'28.368"	36°36'6.48"	51	6°15'18.468"	36°31'15.804"
4	7°12'12.276"	35°34'0.072"	28	7°5'9.756"	36°24'31.284"	52	6°13'18.54"	36°11'2.232"
5	7°12'12.168"	35°30'5.076"	29	6°49'8.892"	36°57'28.44"	53	9°23'32.688"	40°30'11.124"
6	7°55'31.464"	37°35'19.512"	30	6°51'28.44"	36°56'23.688"	54	7°28'34.776"	37°17'2.088"
7	7°10'33.372"	35°25'19.98"	31	7°2'27.396"	37°16'29.916"	55	7°26'14.58"	37°20'23.58"
8	8°5'18.216"	37°38'1.908"	32	7°3'28.692"	37°16'24.876"	56	5°5'7.236"	42°48'13.5"
9	7°10'28.8"	35°19'13.284"	33	6°59'0.972"	37°20'35.208"	57	6°1'25.236"	44°14'24.516"
10	7°11'34.056"	35°15'28.332"	34	7°0'7.488"	37°18'14.652"	58	6°46'23.292"	37°48'1.692"
11	7°20'22.032"	35°54'2.052"	35	7°0'5.652"	37°12'22.428"	59	5°10'32.364"	40°40'0.072"
12	7°26'32.652"	35°35'1.908"	36	7°1'1.728"	37°14'18.864"	60	5°18'1.512"	38°55'35.964"
13	7°13'1.584"	35°56'15.768"	37	6°57'1.152"	37°23'33.552"	61	9°25'28.404"	40°30'20.916"
14	7°15'8.64"	35°56'20.52"	38	6°58'10.512"	37°8'34.812"	62	7°24'22.68"	36°1'5.4"
15	7°13'7.776"	35°56'11.304"	39	6°13'36.36"	37°17'26.496"	63	7°27'0.288"	35°55'3.888"
16	7°12'15.12"	36°10'2.7"	40	6°11'4.968"	37°18'16.488"	64	7°44'22.068"	36°4'33.192"
17	7°14'21.996"	36°17'5.976"	41	6°13'10.476"	37°17'11.268"	65	7°33'19.872"	36°1'0.288"
18	7°34'4.032"	36°41'6.696"	42	6°12'16.236"	37°18'20.196"	66	7°39'25.272"	36°5'11.988"
19	7°10'13.464"	35°50'35.28"	43	6°11'10.584"	37°18'12.528"	67	7°41'26.388"	36°9'2.196"
20	7°49'5.292"	36°38'3.528"	44	6°50'33.48"	38°17'27.828"	68	7°28'11.592"	35°55'16.884"
21	7°40'1.404"	36°52'32.616"	45	7°7'32.94"	38°29'33.768"	69	7°10'20.196"	36°2'13.428"
22	7°7'2.592"	36°11'7.2"	46	7°15'34.632"	38°31'2.916"	70	7°16'17.64"	36°14'26.532"
23	7°2'8.496"	36°31'32.868"	47	7°13'0.648"	36°49'15.696"			
24	7°5'2.088"	36°17'20.772"	48	6°13'33.588"	36°41'10.872"			

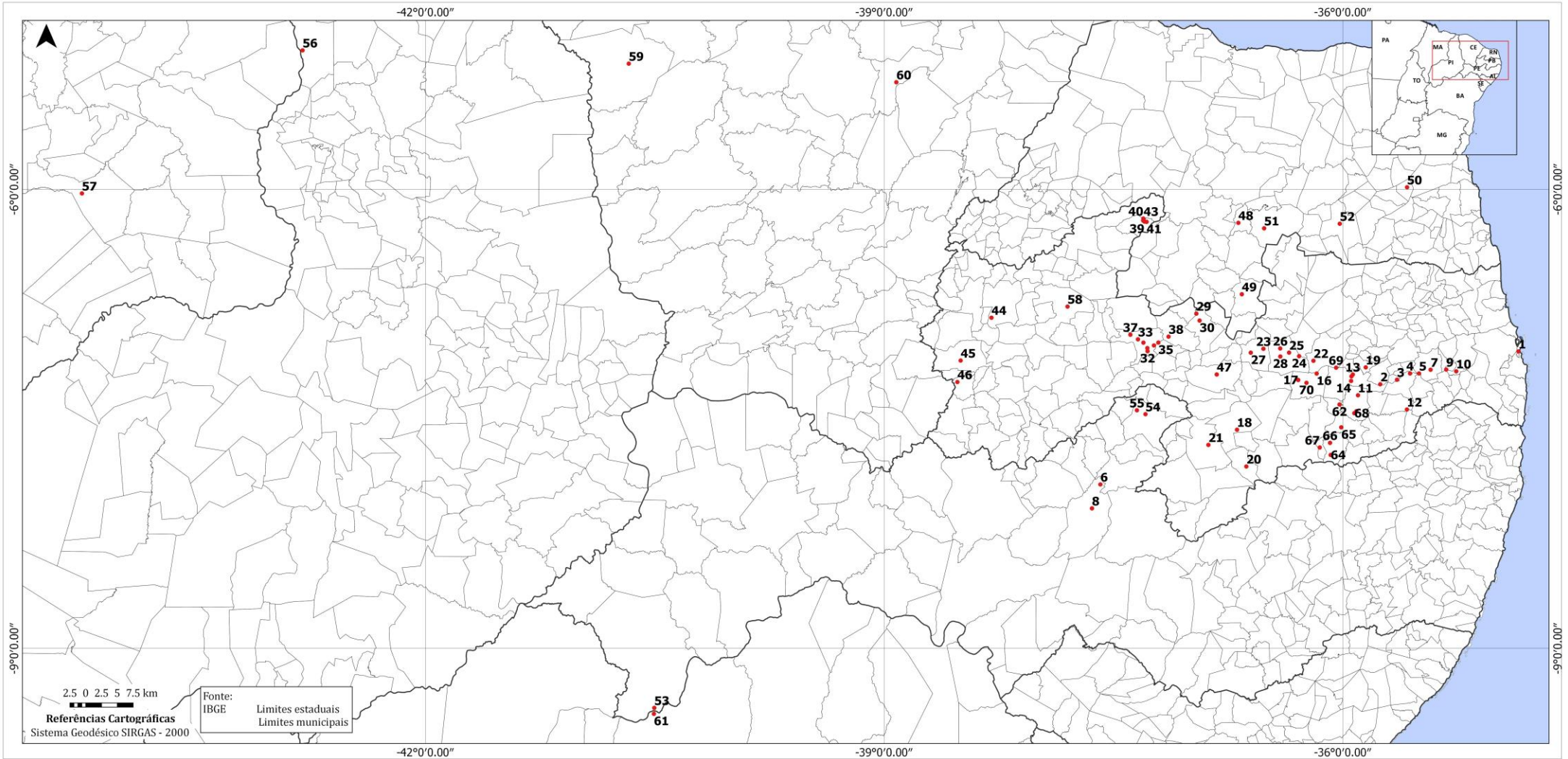


Figura 1. Localização geográfica da coleta de sementes de *C. procera* na região Nordeste do Brasil.

Foram coletados frutos com maturação fisiológica atingida, os quais se encontravam com a cápsula aberta e sementes de coloração marrom. As sementes foram extraídas de forma manual e colocados para secar à sombra. Após a secagem as sementes foram armazenados em sacos de papel em temperatura ambiente até o momento da semeadura. Posteriormente, foram semeadas 20 sementes de *C. procer*a por vaso e após a avaliação da emergência realizou-se o desbaste deixando apenas cinco plântulas no vaso. Posteriormente, foi feita a coleta de plantas para pesagem ao longo do experimento, restando apenas uma planta no vaso até os 240 dias após a semeadura (DAS).

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 10 litros, com as seguintes dimensões: 25 cm de altura, abertura e base com 27 cm e 18 cm de diâmetro, respectivamente. Na base dos vasos foi instalado sistema de drenagem com quatro furos para facilitar o escoamento da água. Os vasos foram preenchidos com um solo arenoso com a seguinte composição química: pH 4,9; 2,55 mg/dm³ de P; 71,6 mg/dm³ de K⁺; 0,09 cmolc/dm³ de Na⁺; 1,82 cmolc/dm³ de H⁺ + Al³⁺; 0,4 cmolc/dm³ de Al³⁺; 0,34 cmolc/dm³ de Ca⁺²; 0,8 cmolc/dm³ de Mg⁺²; 1,41 cmolc/dm³ de soma de bases trocáveis; 3,22 cmolc/dm³ de capacidade de troca catiônica e 1,79 g/kg de matéria orgânica. A composição física do solo possui 900 g/kg de areia (2 - 0,05 mm), 60 g/kg de silte (0,05 - 0,002 mm), 40 g/kg de argila (< 0,002 mm) e areia como classe textural.

A adubação do solo foi realizada conforme recomendação de sua análise química e física, aplicando-se 8 g de super fosfato simples na fundação, 10 g de cloreto de potássio e 10 g de uréia, divididos em duas aplicações, aos 30 e 90 dias após a semeadura (DAS). As plantas foram irrigadas em intervalos de 3 dias, com base no potencial hídrico e na capacidade de campo do solo. Para o controle de pulgões (*Aphis neri*) foram realizadas aplicações pontuais de um produto a base de Deltametrina (25g/l).

Na Figura 2 estão dispostas às temperaturas (°C) máxima, mínima, média e umidade relativa do ar (%), obtidas no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento.

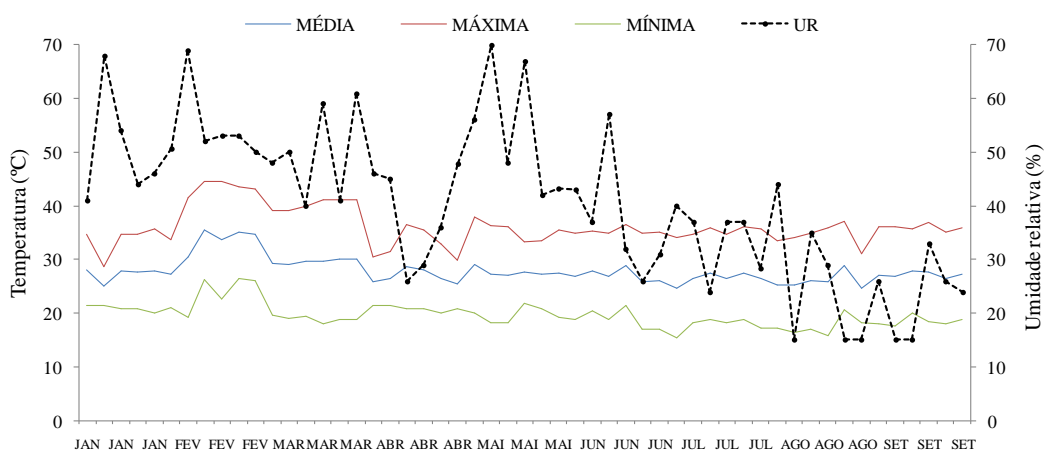


Figura 2. Médias mensais de temperatura (°C) média, máxima, mínima e umidade relativa do ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período de avaliação do experimento.

Foram avaliadas as seguintes características: emergência de plântulas (EP) (BRASIL, 2009), índice de velocidade de emergência (IVE) (MAGUIRE, 1962), primeira contagem (PC) (BRASIL, 2009) e índice de vigor de plântulas (IVP) (MAROUFI, 2011), através de contagem diária do número de plântulas emersas entre o sexto e o décimo dia após a semeadura (DAS). Obteve-se ainda, a altura da planta (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF), largura média de folhas (LMF), área foliar (AF) e área foliar total (AFT) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAS, além da massa verde do caule (MVC), massa verde da folha (MVF), massa verde total (MVT), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC) e a massa seca total (MST) aos 30, 60, 90 e 120 DAS. Além disso, avaliou-se a queda de folhas, a floração e a frutificação.

Obteve-se a ALT medindo-se a distancia do colo à gema apical com auxilio de régua graduada em centímetros. Para as medições do DC (medido na base do caule, correspondente ao colo das plantas), utilizou-se um paquímetro digital graduado em mm. Na contagem do NF consideraram-se apenas as folhas totalmente expandidas, onde não houve contagem de folhas imaturas, e as mensurações de comprimento (cm) e largura (cm) foram realizadas em três folhas obtidas na região inferior, mediana e superior da planta e com isso obteve-se o comprimento médio de folha (CMF) e largura média de folha (LMF). A área foliar individual foi obtida a partir do modelo $AF (cm^2) = L \times C \times 0,75$ proposto por Moreira Filho et al. (2007) para *C. procera* e obteve-se a AFT a partir do somatório da AF de cada folha.

Para as determinações da MVC, MVF e MVT foram feitas a partição das plantas em folhas e caules com posterior pesagem em balança analítica ($e = 0,0001$ g). O material foi seco em estufa de circulação de ar forçado a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas até atingir massa constante e com isso obteve-se a MSF, MSC e MST.

Foram obtidas as medidas de fluorescência da clorofila A e B em folhas do ápice (CLA e CLB) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAS, utilizando-se o Clorofilog Falker CFL 1030.

Estimaram-se os seguintes índices fisiológicos: taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão da área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE), inicialmente aos 30 DAS com avaliações intercaladas em 30 dias até os 120 DAS, através de fórmulas matemáticas conforme Hunt (1982) e Benincasa (2004).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 70 acesos em três repetições, no total de 210 parcelas. Para análise dos dados obteve-se a média de cada característica com o ajuste e seleção dos modelos de regressão para explicar o crescimento de *C. procera*, com base no coeficiente de determinação utilizando o programa Table Curve 2D. (SYSTAT, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A emergência de plântulas (EP) de *C. procera* iniciou aos 6 DAS estabilizando aos 10 DAS, com EP inicial variando de 5 a 100%, com média geral de 55%. Para EP final os valores médios variaram de 15% a 100%, com média geral de 92,92% e para índice de velocidade de emergência (IVE) de 2,46 a 20, com média geral de 14,73. O índice de vigor de plântulas (IVP) variou entre 0,12 e 2, com média geral de 0,37. Estes valores podem ser considerados altos, já que estas sementes são provenientes de plantas de ocorrência natural, não melhoradas, com uma variabilidade natural para a expressão destes caracteres. A germinação e emergência da semente de *C. procera* vem sendo estudada, com resultados promissores (SILVA et al., 2009; CARVALHO JÚNIOR et al., 2010; OLIVEIRA-BENTO et al., 2013; OLIVEIRA-BENTO et al., 2015), sem constatação de ocorrência de dormência, com valores relativamente altos igualmente ao presente estudo. Esses resultados demonstram que *C. procera* possui potencial de ser cultivada como lavoura xerófila por meio do uso de sementes diretamente no campo de produção, visto que a porcentagem de emergência, o vigor das plântulas e a formação de raiz pivotante são características essenciais para estabelecimento de plântulas em áreas do semiárido brasileiro.

Com relação a avaliação da fase vegetativa de *C. procera*, observou-se produção contínua de folhas durante todo o período de condução do experimento (240 DAS) (Figura 3), o que corrobora com Parsons e Cuthbertson (2001), Lottermoser (2011) e Farahat et al. (2015), os quais indicam que o crescimento ocorre durante todo o ano, tendo em vista ser um arbusto perene. Inicialmente, contabilizou-se a queda das folhas cotiledonares, que se iniciou aos 23 DAS e se estendeu até os 48 DAS. Posteriormente, verificou-se queda do primeiro par de folhas totalmente expandidas, localizadas na parte inferior das plantas, que se iniciou aos 40 DAS prosseguindo até 57 DAS. Aos 70 DAS iniciou-se queda brusca do segundo par de folhas da parte inferior das plantas, persistindo até os 86 DAS. A partir dos 94 DAS, houve queda acentuada do terceiro par de folhas, continuando até os 113 DAS. A abscisão do quarto par de folhas da base iniciou aos 133 DAS e foi até 152 DAS. No entanto, a partir desse período de avaliação observou-se queda acentuada em outras partes da planta, localizadas na região inferior e mediana das plantas, fato relacionado a uma mudança de fase, que antecedeu o início da floração de alguns acessos.



Emergência de plântulas



60 dias após a sementeira



90 dias após a sementeira



120 dias após a sementeira



150 dias após a sementeira



210 dias após a sementeira

Figura 3. Estádios vegetativos de acessos de *C. procera*, cultivados em vasos em casa de vegetação do Instituto Nacional do Semiárido (INSA).

Observou-se que a queda de folhas é característico em *C. procera*, tendo em vista ser uma planta perenifólia, pois folhas senescentes, geralmente da base da planta, sempre são substituídas por folhas novas no ápice continuamente. Por sua vez, Kissmann e Groth (1992) acrescentam que as folhas são mais abundantes na parte elevada da planta, pois as folhas inferiores se desprendem gradualmente. Francis (2004) relata que, quando a planta torna-se adulta, possui relativamente poucas folhas no seu ápice. Nesse contexto, ressalta-se que as folhas secas substituídas pelas novas constituem uma característica importante da espécie e de grande

utilidade para pecuária do Semiárido, na forma de feno natural disponível para alimentação de animais nas épocas secas do ano.

Em alguns acessos verificou-se emissão de ramificação na base do caule durante os 240 DAS, em que algumas plantas possuíam duas ramificações e outras apenas uma. Porém, essa ramificação não teve continuidade de crescimento, com consequente morte, ocorrendo posteriormente emissão de nova brotação, sendo um ciclo permanente de abscisão foliar e emissão de nova ramificação.

O início da floração ocorreu aos 153 DAS através do acesso 20, prosseguindo até os 222 DAS, dependendo do genótipo, tornando-se constante a emissão de inflorescência nas plantas após o início da floração (Figura 4). Essa observação corrobora com Sobrinho et al. (2013) e Farahat et al. (2015), pois verificaram floração e frutificação contínua ao longo de todo ano em plantas de *C. procera* em áreas de Caatinga e em áreas urbanas na cidade de Cairo no Egito, respectivamente. Além disso, Ismail (1992) verificou início da floração em plantas de *C. procera* aos 15 meses após a emergência, ou seja, aproximadamente 450 dias, sendo um dado diferente do presente estudo, possivelmente por conta do material genético ou mesmo em função das condições climáticas durante a execução do experimento.

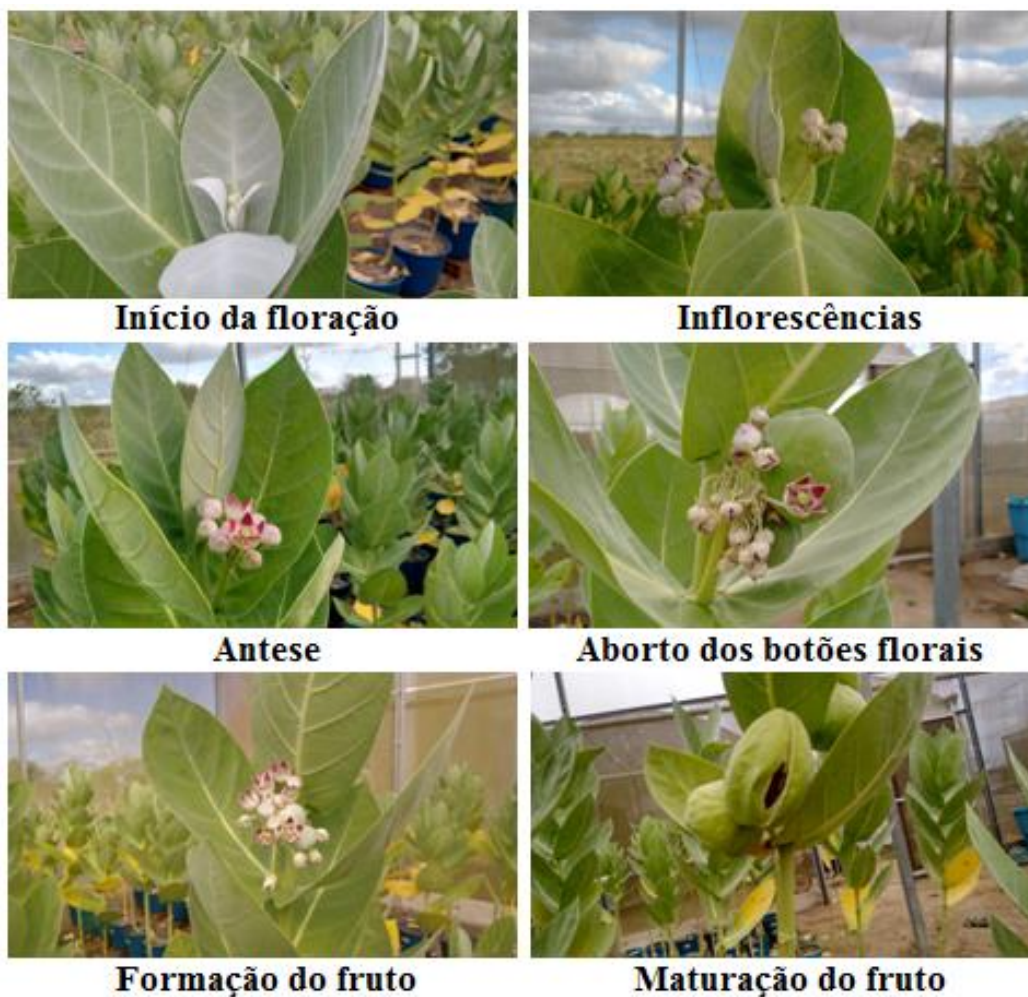


Figura 4. Estádios reprodutivos de acessos de *C. procera*, cultivados em vasos em casa de vegetação do Instituto Nacional do Semiárido (INSA).

No presente estudo, alguns acessos foram tardios na floração, com início somente aos 190, 198, 208, 215 e 222 DAS, ou seja, 37, 45, 55, 62 e 69 dias depois do início da floração do primeiro acesso, respectivamente. Além disso, não houve floração em alguns acessos durante a condução do experimento, sendo um fato, provavelmente, associado a constituição genética, pois detectou-se que a floração somente ocorreu em plantas com altura superior a 1,10 m.

O número total de botões florais por inflorescência variou entre 11 e 24, com média geral de 19 botões. A emissão da inflorescência ocorreu no ápice da planta, com posterior emissão de novas folhas, seguido de emissão de nova inflorescência, com crescimento continuado na altura das plantas. A abertura das primeiras flores (antese) ocorreu em média 22 dias após a emissão da inflorescência, com variação de 16 a 30 dias, dependendo do acesso. Complementa-se ainda os dados obtidos por Farahat et al. (2015) em função dos meses do ano, em que registraram

variação entre 4,7 a 12,4 para número de flores por inflorescência e 0,8 a 1,5 para número de frutos por inflorescência.

Após a antese, as pétalas fecham a flor e, posteriormente, ocorre a formação dos frutos. Por sua vez, observou-se que houve formação de frutos em apenas uma ou duas flores numa inflorescência, o que representa uma taxa de fecundidade com variação de 3,75% a 11,21%, com média de 6,95%, demonstrando baixa taxa de fecundidade, onde em todos os acessos verificou-se queda acentuada de botão floral e aborto da maioria das flores após a antese. Esses resultados são característicos em muitas espécies de Asclepiadoideae (WYATT e BROYLES, 2012), na qual tem percentuais de frutificação muito baixos, variando entre 0,3 a 5%. Por outro lado, Farahat et al. (2015) verificaram porcentagem de sucesso reprodutivo entre 5,4% a 12,8%, resultados aproximados ao obtido no presente estudo.

Quanto ao sistema reprodutivo de *C. procera*, Tabatinga Filho (2008) descreve que a espécie possui autocompatibilidade e autogamia, uma vez que as polínias germinam ainda nas anteras da própria planta, ou seja, no momento que as flores se tornam disponíveis para os polinizadores, tubos polínicos oriundos de suas próprias polínias já se encontram percorrendo o trajeto até os óvulos, o que dificulta a ocorrência de fluxo gênico (polinização cruzada).

O início da formação dos frutos ocorreu em média 14 dias após a antese, variando de 8 a 26 dias e o crescimento e a fase de maturação persistiu em média 70 dias após a antese, variando de 68 a 90 dias. ISMAIL (1992) obteve resultados divergentes, com destaque para um florescimento e formação de frutos tardios, verificando amadurecimento dos frutos aos 18 meses após a emergência, ou seja, aproximadamente 90 dias após o início da floração, possivelmente por conta do material genético ou mesmo em função das condições climáticas diferentes.

Na Figura 5 esta disposta a representação gráfica de modelos de regressão das médias gerais e amplitude de variação das características: ALT, DC, NF, LMF, CMF, AF, AFT e fluorescência da CLA e CLB dos 70 acessos de *C. procera* em função do tempo de cultivo em dias após a semeadura (DAS).

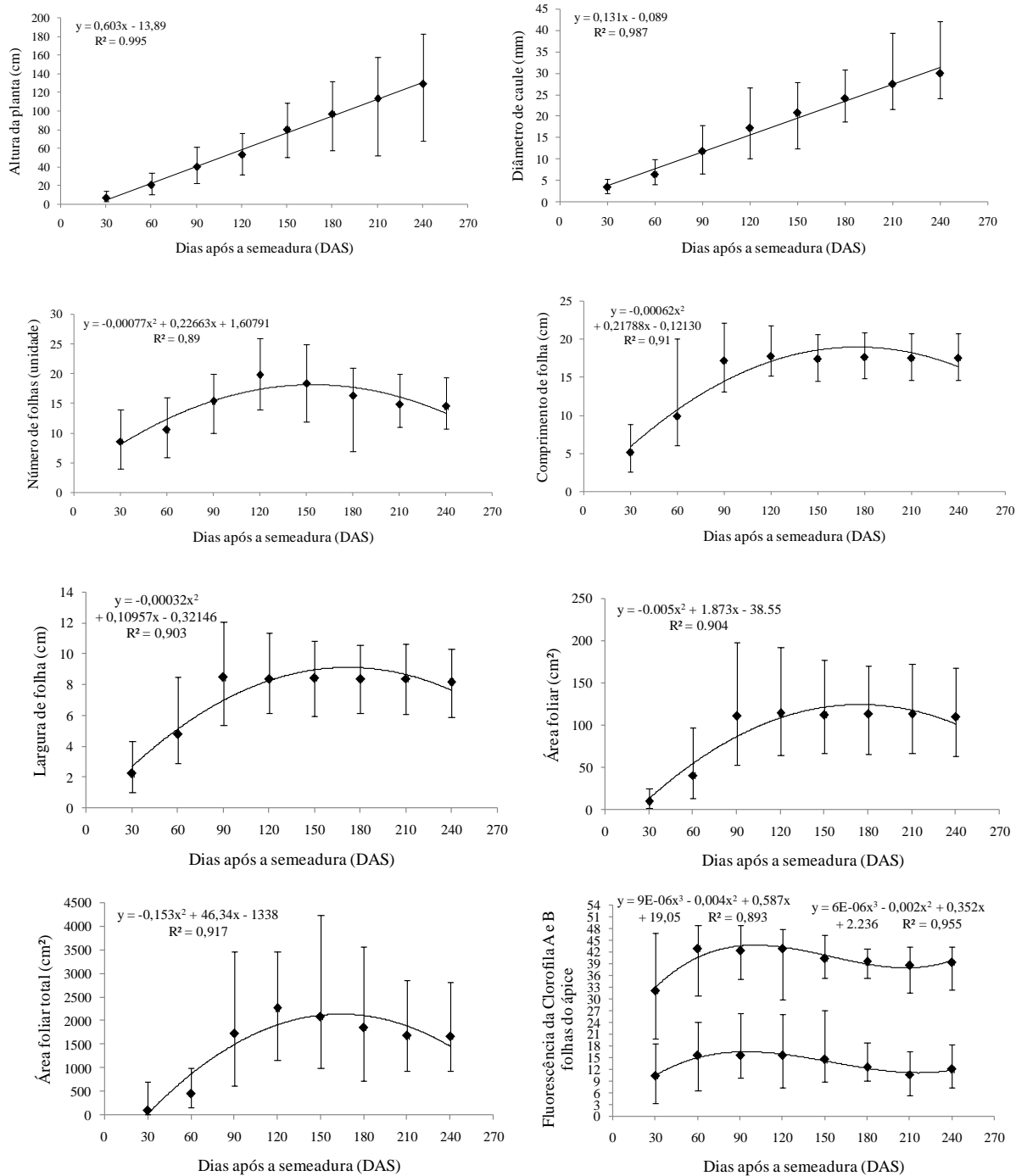


Figura 5. Modelos de regressão das médias gerais e amplitude de variação das características: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento da folha, largura da folha, área foliar, área foliar total e fluorescência da clorofila a e b de folhas do ápice dos 70 acessos de *C. procer a* em função do tempo de cultivo, em dias após a semeadura (DAS).

Obteve-se ajuste desses modelos de regressão como forma de definir a curva padrão de crescimento dos acessos de *C. procera* e a partir daí identificou-se o ponto ótimo de cada característica. Conforme Barbero et al. (2013), a definição da curva padrão do crescimento só é determinada por meio da análise de crescimento de plantas que descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo.

Nesse sentido, para a média geral da ALT e DC dos acessos observa-se que esses caracteres aumentaram linearmente em função do tempo de cultivo (Figura 5), atingindo maiores estimativas (129,28 cm e 30 mm) aos 240 DAS, com acréscimos de 1837,53% e 772%, respectivamente, dos 30 DAS até os 240 DAS. Por sua vez, Farahat et al. (2015) verificaram maior altura (1,46 m) e menor altura (1,20 m) em plantas de ocorrência natural, em áreas urbanas na cidade do Cairo, Egito. No presente estudo, obteve-se maior altura (1,89 m) no acesso 20 e menor altura (66 cm) no acesso 28, demonstrando existir diferença genética entre os acessos. *C. procera* normalmente atinge alturas em torno de 2 m, mas pode atingir uma altura de 5-6 m e diâmetro de caule de 25 cm (KISSMANN; GROTH, 1992; FRANCIS, 2004), sendo, portando, esclarecido o crescimento linear do presente estudo, indicando continuidade de crescimento no período de avaliação.

Para a média geral do NF, houve ajuste quadrático em função do tempo de cultivo, com valor máximo estimado de 18 folhas planta⁻¹ obtidas aos 147 DAS (Figura 5). Após esse período houve um decréscimo de 26,06% até os 240 DAS, indicando que apesar da produção continuada de folhas, o início da floração contribuiu para redução da produção em função da alocação de fotoassimilados das folhas para formação das inflorescências, que teve como consequência a queda acentuada de folhas.

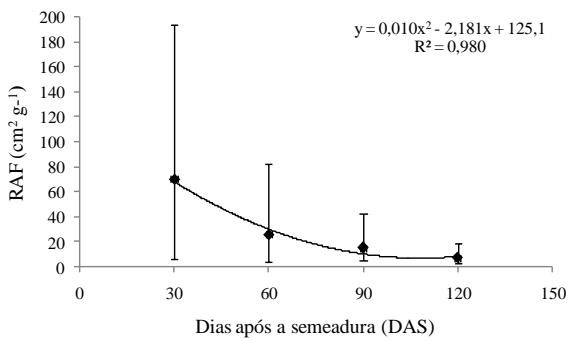
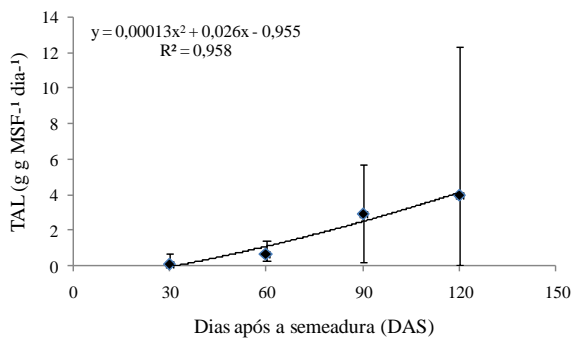
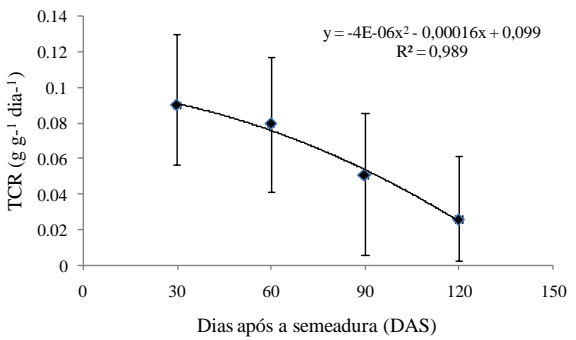
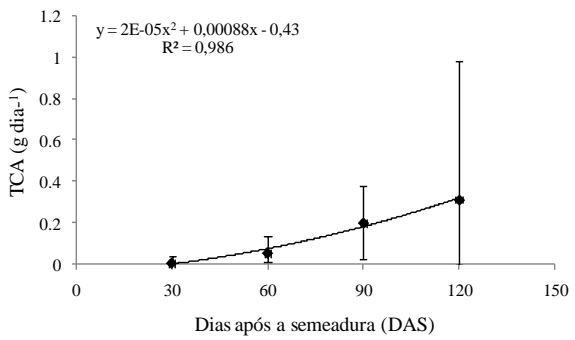
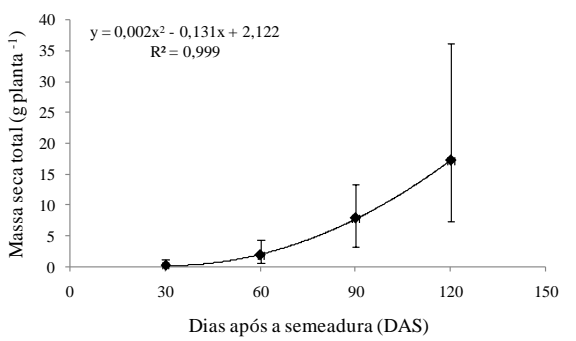
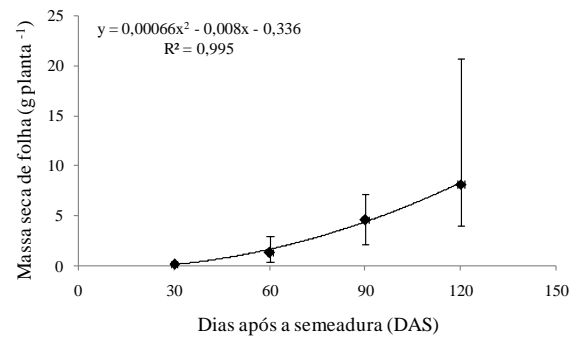
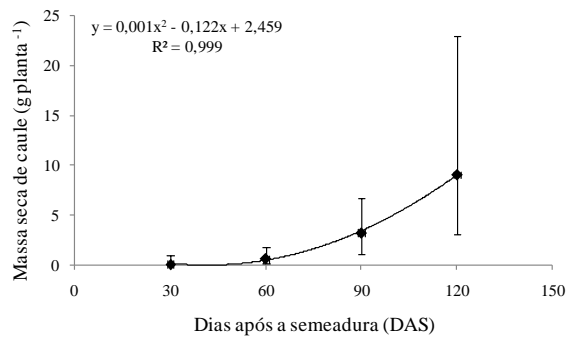
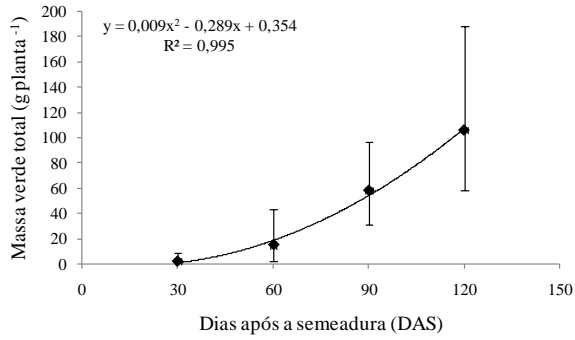
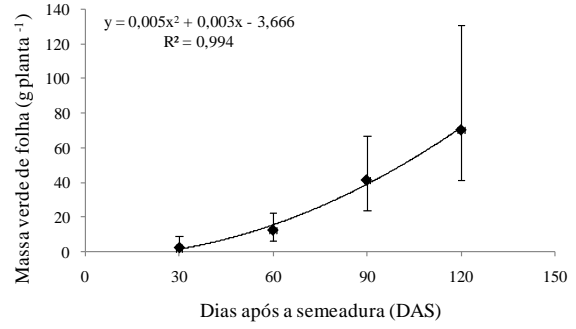
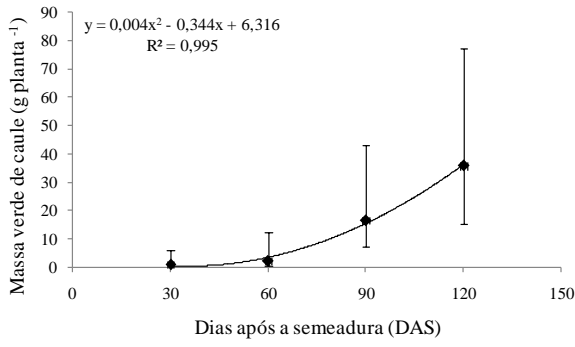
Ainda na Figura 5 observa-se resposta quadrática para LMF, CMF, AF e AFT em relação aos dias após a semeadura, encontrando-se valor máximo estimado de 9,05 cm, 19,03 cm, 136,85 cm² e 2170,82 cm² aos 171; 175; 187 e 151 DAS, respectivamente, bem como decréscimo após esses períodos de 10,36%; 8,37%; 24,40% e 29,79% até os 240 DAS, respectivamente.

Farahat et al. (2015) verificaram média anual de 15,6 folhas, comprimento de folha variando entre 15,7 cm a 19,6 cm, largura de folha (9,7 cm a 12,4 cm) e área foliar (121,1 cm² a 226,9 cm²) em plantas de ocorrência natural em áreas urbanas na cidade do Cairo, Egito, ou seja, em condições ambientais diferentes do presente estudo. Francis (2004) descrevem que *C. procera* possui comprimento de folha variando de 7,0 a 18,0 cm e largura de folha com variação de 5,0 a 13,0 cm, valores estes dentro da amplitude de variação atingida no presente estudo. Por outro lado, Andrade et al. (2005) avaliando a rebrota da espécie em condições de campo,

verificaram resposta linear crescente para NF, DC e ALT, divergindo com o presente estudo apenas para NF. Ressalta-se ainda que a redução no número de folhas, juntamente com a área foliar específica, é uma estratégia de prevenção à seca usada por espécies de plantas tolerantes (VILLAGRA; CAVAGNARO, 2006), a exemplo de *C. procera*, tendo em vista tratar-se de uma espécie que cresce em regiões áridas e semiáridas.

Além disso, quantificou-se a fluorescência da CLA e CLB dos acessos de *C. procera* em função do tempo de cultivo (Figura 5). Os valores médios foram ajustados em equação polinomial de terceira ordem e obteve-se valor máximo e mínimo de 42,89 e 38,74 aos 120 e 210 DAS para CLA e valor máximo e mínimo de 15,67 e 10,69 aos 90 e 210 DAS para CLB, respectivamente. As clorofilas são pigmentos verdes presentes nas folhas de vegetais cuja principal função é a captação da luz solar e sua conversão para energia química durante a fotossíntese. Entre os tipos de clorofila, destaca-se a clorofila a e b, as quais absorvem energia em comprimento de ondas diferentes (TAIZ e ZEIGER, 2004). No presente estudo, quantificou-se em todos os períodos de avaliação, maior fluorescência da CLA do que a CLB, indicando que as plantas cresceram sob luminosidade, pois segundo o mesmo autor as plantas que crescem sombreadas, geralmente a quantidade de clorofila b se eleva.

Na Figura 6 constam as curvas polinomiais das médias gerais e amplitude de variação da MVC, MVF, MVT, MSC, MSF e MST, além dos índices fisiológicos: TCA, TCR, TAL, RAF e AFE dos 70 acessos de *C. procera* em função do tempo de cultivo em dias após a semeadura (DAS).



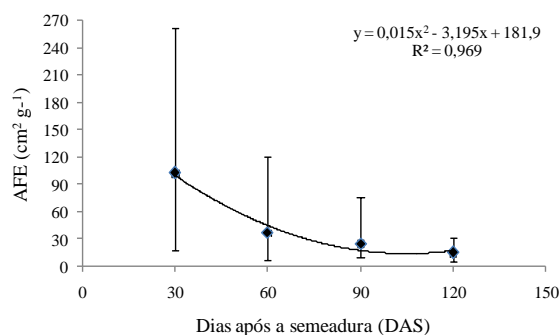


Figura 6. Modelos de regressão das médias gerais e amplitude de variação da massa verde do caule, massa verde da folha, massa verde total, massa seca do caule, massa seca da folha, massa seca total, taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) de 70 acessos de *C. procera* em função do tempo de cultivo, em dias após a semeadura (DAS).

Em relação às características MVC, MVF, MVT, MSC, MSF e MST, os dados obtidos se adequaram de forma quadrática em função do tempo, atingindo valores máximos de 35,67g; 70,56g; 106,23g; 9,02g; 8,14g; 17,16g aos 120 DAS, respectivamente, conforme se observa na Figura 6. Nota-se que o acúmulo de massa seca até os 60 DAS é lento, por que no início a planta depende das reservas contidas na semente para crescer. Acrescenta-se que alguns acessos tiveram persistência na fase de plântula, com destaque na queda de folha cotiledonar somente aos 48 DAS. A partir dos 60 DAS observa-se um maior crescimento com acréscimo de 1551,38%; 464,48%; 624,62%; 1570,37%; 540,94% e 848,06% para MVC, MVF, MVT, MSC, MSF e MST até os 120 DAS, respectivamente, decorrentes das plantas possuírem sistema radicular capaz de absorver nutrientes e maior número de folhas, o que favoreceu o aumento da atividade fotossintética das plantas e com isso maior acúmulo de massa.

Os índices fisiológicos obtidos no presente estudo são os principais dentre outros utilizados na análise clássica de crescimento descrita por Radford (1967), onde estimam resultados de processos fisiológicos que envolvem efeitos de fotossíntese, respiração, alocação e partição de fotoassimilados (BARBERO et al., 2013). Dessa forma, obteve-se inicialmente a TCA e verificou-se que a mesma cresceu quadraticamente até os 120 DAS, com velocidade de crescimento máximo estimado de 0,313 g dia⁻¹. Segundo BENINCASA (2004), a TCA indica o incremento de massa seca entre duas amostragens sucessivas, isto é, indica a velocidade de crescimento (g dia⁻¹) ao longo do período de avaliação.

Ao contrário da TCA, a TCR dos acessos atingiu valores máximos estimados aos 30 DAS ($0,091 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) com um decréscimo de 250 % até os 120 DAS ($0,026 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Esse decréscimo está de acordo com o esperado, uma vez que qualquer incremento em peso, altura ou área foliar ao longo de um determinado período está diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior (LIMA et al., 2007). Ismail (1992), também verificou diminuição da TCR com o aumento da idade das plantas, onde obteve-se valor máximo ($0,63 \text{ g g}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) durante a fase de plântula, ou seja, quando as plântulas possuíam as duas folhas cotiledonares e o primeiro par de folhas.

A TAL representa a taxa de incremento da massa seca por unidade de área foliar existente na planta. Em outras palavras, representa a eficiência do aparelho fotossintético da planta no acréscimo em massa seca por unidade de área foliar por dia (BARBERO et al., 2013). No presente estudo obteve-se ajuste da TAL no modelo polinomial, efeito linear quadrático, resultado semelhante a TCA (Figura 6). A partir dos 60 DAS observa-se um aumento na TAL com acréscimo de 494,02% até os 120 DAS e valor máximo de $3,98 \text{ g g MSF}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, período quando os acessos alcançavam maior número de folhas e, evidentemente, quando atingiram maior atividade fotossintética.

A área foliar útil de uma planta é expressa pela RAF que corresponde ao quociente entre a AF (responsável pela interceptação da energia luminosa e absorção de CO_2) e a MST da planta (resultante da fotossíntese). Em outras palavras, indica a área foliar que está sendo usada pela planta para produzir um grama de matéria seca (BENINCASA, 2004). A RAF pode ser desmembrada em AFE, que corresponde a relação da AF com a MSF (AF/MSF). No presente estudo, verifica-se que a medida em que as plantas crescem, com aumento do NF, da AF, AFT, bem como da massa seca da planta, ocorre um declínio da média geral da RAF e AFE, ou seja, atingem maiores estimativas de RAF $70,32 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (variação: 6,46 a $194,17 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) e AFE $102,45 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (variação: 17,59 a $261,54 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) aos 30 DAS, com decréscimo de 871,27% e 582,54% até os 120 DAS, respectivamente. Por sua vez, ISMAIL (1992), obteve valor máximo ($225 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) aos dois meses após a emergência, com um declínio contínuo da RAF e AFE após a fase de plântula, ou seja, com o aumento da idade da planta.

Acrescenta-se, ainda, a necessidade de novas pesquisas com os materiais do presente estudo, visando estimar os índices fisiológicos em outras fases fenológicas, ou seja, durante o florescimento e a frutificação da espécie, por exemplo, como forma de avaliar os processos fisiológicos nessas fenofases.

4. CONCLUSÕES

O estágio vegetativo de *C. procera* ocorre durante os 240 DAS, com queda e produção de folhas continuamente, além do crescimento em altura e diâmetro de caule.

O estágio reprodutivo de acessos de *C. procera* se inicia aos 153 DAS, prosseguindo até os 222 DAS, dependendo do acesso, tornando-se constante a emissão de inflorescência nas plantas após o início da floração.

Os índices fisiológicos taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) são eficientes para estimar o crescimento de acessos de *C. procera*.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. V. B de; NEDER, D. G.; BATISTA, F. R. C.; DUTRA, W. F. Caracterização e seleção precoce de genótipos de flor-de-seda (*Calotropis procera*) com potencial forrageiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n.3, 2017.

ANDRADE, M. V. M.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, A. N.; PINTO, M. S. C. Fenologia da *Calotropis procera* Ait. R. Br., em função do sistema e da densidade de plantio. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 54, n. 208, p. 631-634, 2005.

ANDRADE, M. V. M.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A.P.; MEDEIROS, A. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; CÂNDIDO, M. J. D.; PINTO, M. S. C. Produtividade e qualidade da flor-de-seda em diferentes densidades e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.1-8, 2008.

BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRÜGER, B. C.; da SILVA, G. A. S. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 19, n. 2, 2013.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 42p.

BOUTRAA, T. Growth performance and biomass partitioning of the desert shrub *Calotropis procera* under water stress conditions. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Faisalabad, v. 1, n. 6, p.20-26, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CARVALHO JÚNIOR, S. B.; FURTADO, D. A.; da SILVA, V. R.; DANTAS, R. T.; LIMA, I.; de LIMA, V. L. Produção e avaliação bromatológica de espécies forrageiras irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 10, p. 1045–1051, 2010.

COSTA, R. G.; de MEDEIROS, A. N.; ALVES, A. R.; de MEDEIROS, G. R. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2009.

FARAHAT, E. A.; GALAL, T. M.; EL-MIDANY, M. M.; HASSAN, L. M. Phenology, biomass and reproductive characteristics of *Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton in South Cairo, Egypt. **Rendiconti Lincei**, Roma, v. 27, n. 2, p. 197-204, 2015.

FRANCIS, J. K.. **Wildland Shrubs of the United States and its Territories: Thamnic Descriptions: volume 1**. Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-26. San Juan, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, and Fort Collins, CO: U.S., 2004. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 830 p.

FROSI, G.; OLIVEIRA, M. T.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; SANTOS, M. G. Ecophysiological performance of *Calotropis procera*: an exotic and evergreen species in Caatinga, Brazilian semi-arid. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, v. 35, p. 335-344, 2013.

HASSAN, L. M.; GALAL, T. M.; FARAHAT, E. A.; EL-MIDANY, M. M. The biology of *Calotropis procera* (Aiton) WT. **Trees**, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2015.

HUNT, R. Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold, London, 1982.

ISMAIL, A. M. A. Physiological growth analysis of the life-history of *Calotropis procera* (AIT.) AIT. F. **Qatar University Science Journal**, Doha, v. 12 p. 94-100, 1992.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira S.A., 1992. 798 p.

LIMA, G. F. C.; AGUIAR, E. M.; PEREIRA, G. F.; MACIEL, F. C.; GUEDES, F. X.; TORRES, J. F.; SILVA, J. G. M.; SOUZA, N. A.; LIMA, C. A. C.; MEDEIROS, H. R.; GARCIA, L. R. U. C. Flor de seda: fonte de feno de qualidade para os sertões. In: _____. **Armazenamento de Forragens para Agricultura Familiar**. Natal: EMPARN, 2004. 40p.

LIMA, J. F. de; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. da S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.

LOTTERMOSER, B. G. Colonisation of the rehabilitated Mary Kathleen uranium mine site (Australia) by *Calotropis procera*: toxicity risk to grazing animals. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 111, n. 1, p. 39-46, 2011.

MAGUIRE, J. D. Seed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.

MAROUFI, K.; FARAHANI, H.A.; MOAVENI, P. Effects of hydropriming on seedling vigour in spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Advances in Environmental Biology**, New Delhi, v. 5, n. 8, p. 2224-2227, 2011.

MOHAMED, N. H.; LIU, M.; ABDEL-MAGEED, W. M.; ALWAHIBI, L. H.; DAI, H.; ISMAIL, M. A.; SHOREIT, A. A. Cytotoxic cardenolides from the latex of *Calotropis procera*. **Bioorganic & medicinal chemistry letters**, v. 25, n. 20, p. 4615-4620, 2015.

MOREIRA FILHO, E. C.; SILVA, D. S.; PEREIRA, W. E.; CABRAL JÚNIOR, C. R.; ANDRADE, M. V. M.; SILVA, G. E.; VIANA, B. L. Estimação da área foliar da flor de seda (*Calotropis procera*). **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 56, n. 214, p. 245-248, 2007.

OLIVEIRA-BENTO, S. R. S.; TORRES, S. B.; BENTO, D. A. V.; de ALBUQUERQUE SILVA, B. K.; DANTAS, F. J. C.; da COSTA MELO, V. Armazenamento de sementes de flor-de-seda [*Calotropis procera* (AITON) W.T. AITON]. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 39 - 47, 2015.

OLIVEIRA-BENTO, S. R. S.; TORRES, S. B.; de OLIVEIRA, F. N.; de PAIVA, E. P.; BENTO, D. A. V. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Calotropis procera* AITON (Apocynaceae). **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1194 - 1205, 2013.

OLIVEIRA, S. H.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W.; BARBOSA, N. P.; ROCHA, R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Seedling growth of the invader *Calotropis procera* in ironstone rupestrian field and seasonally dry forest soils. **Neotropical Biology and Conservation, São Leopoldo**, v. 4, n. 2, p. 69-76, 2009.

OLIVEIRA, V. M.; SOUTO, J. S. Estimativa da produção de biomassa de *Calotropis procera* (Ait) R. BR. e avaliação de sua composição química no estado da Paraíba. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 141-161, 2009.

PARSONS, W. T.; CUTHBERTSON, E. G. **Noxious weeds of Australia**. Second edn. CSIRO Publishing, Melbourne, 2001, 712p.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: _____. **Tópicos em Ciências Agrárias**. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, v. 1, p. 39-53, 2009.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.

SILVA, J. R.; de MEDEIROS, M. A.; do NASCIMENTO, Í. J. B.; RIBEIRO, M. C. C.; de NUNES, G. H. S. Temperatura e substrato na germinação de sementes de flor-de-seda. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 175-179, 2009.

SOBRINHO, M. S.; TABATINGA, G. M.; MACHADO, I. S.; LOPES, A. V. Reproductive phenological pattern of *Calotropis procera* (Apocynaceae), an invasive species in Brazil: annual in native areas; continuous in invaded areas of caatinga. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 27, n. 2, p. 456-459, 2013.

SYSTAT SOFTWARE. Table Curve 2D, version 5.01. 2002.

TABATINGA FILHO, G. M. **Fenologia, biologia reprodutiva e ecologia da polinização de *Calotropis procera* Ait. R. Br. (APOCYNACEAE ASCLEPIADOIDEAE)**. Recife, 2008. 68f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade federal de Pernambuco.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 690p.

VILLAGRA, P. E.; CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alata*. **Journal of Arid Environments**, v. 64, n. 3, p. 390-400, 2006.

WYATT, R.; BROYLES, S. B. Reproductive Biology of Milkweeds (*Asclepias*): Recent Advances. In: S. Kawano (ed.). **Biological approaches and evolutionary trends in plants**. London, Academic. p. 255-272, 2012.

ZHANG, G.; SONG, Q. YANG, D. Phenology of *Ficus racemosa* in Xishuangbanna, Southwest China. **Biotropica**, v.38, p.334-341, 2006.

CAPÍTULO II

DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES AGRONÔMICOS

DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton BASEADA EM CARACTERES AGRONÔMICOS

RESUMO: Objetivou-se avaliar a diversidade genética entre acessos de *Calotropis procera* baseada em caracteres agronômicos, de modo a subsidiar a seleção dos genótipos com potencial para produção de forragem. Foram coletadas sementes de 70 acessos de *C. procera* entre outubro de 2015 e janeiro de 2016, em áreas de ocorrência natural da espécie, na região Nordeste, Brasil. Atualmente esses acessos compõem a coleção de germoplasma do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O experimento foi conduzido em casa de vegetação no INSA, em Campina Grande – PB, entre janeiro e setembro de 2016. As plantas foram cultivadas durante 240 dias após a semeadura em vasos plásticos preenchidos com solo, onde foi feita a adubação conforme recomendação de análise do solo e foram irrigadas em intervalos de 3 dias. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições. Utilizou-se os dados de 23 características e houve diferença significativa ($p < 0,01$) pelo teste F em todos os caracteres, onde as estimativas dos parâmetros genéticos comprovam o efeito genético na expressão dos caracteres, com destaque para as estimativas de herdabilidade (h^2) de alta magnitude. Além disso, obteve-se a análise de Variáveis Canônicas, de agrupamento pelo método de Tocher e UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). Existe variabilidade genética entre os 70 acessos de *C. procera*. As características relacionadas a fitomassa são as que mais contribuem para a divergência genética entre os genótipos de *C. procera*. Os acessos 1, 12, 20, 39, 48, 50, 57, 67 e 70 são promissores no programa de melhoramento de *C. procera*, com potencial agronômico e forrageiro, podendo ser utilizados como genitores em programas de hibridação e indicados para compor futuros estudos.

Palavras chave: Flor-de-seda, melhoramento genético, planta xerófila, variabilidade genética

**GENETIC DIVERSITY AMONG ACCESSIONS OF *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton
BASED ON AGRONOMIC CHARACTERS**

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the genetic diversity among accessions of *Calotropis procera* based on agronomic characters, in order to subsidize the selection of genotypes with forage potential. Seeds of 70 accessions of *C. procera* were collected between October 2015 and January 2016, in areas of natural occurrence of the species, in the Northeast region of Brazil. Currently these accessions make up the germplasm collection of the National Institute of the Semi-arid (INSA). The experiment was conducted in a greenhouse in the INSA, in Campina Grande - PB, between January and September 2016. The plants were cultivated for 240 days after sowing in plastic pots with capacity of 10 liters, filled with soil, where the fertilization was done according to soil analysis and recommendation, and irrigated every 3 days. The experimental design was in randomized blocks with three replicates. The data of 23 traits were used, and there was a significant difference ($p < 0.01$) for the F test in all the characters, where the genetic parameters estimates proved the genetic effect on the characters expression, with special emphasis on heritability estimates (h^2) of high magnitude. In addition, the analysis of Canonic Variables and grouping by the Tocher and UPGMA methods (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) was performed. There is genetic variability among the 70 accessions of *C. procera*. Related phytomass characteristics are the ones that contribute most to the genetic divergence among *C. procera* genotypes. Accessions 1, 12, 20, 39, 48, 50, 57, 67 and 70 are promising in the breeding program of *C. procera*, with agronomic and forage potential, and can be used as parents in hybridization programs and indicated to compose future studies.

Keywords: Silk blossom, genetic improvement, xerophytic plant, genetic variability

1. INTRODUÇÃO

Calotropis procera [Ait.] W.T. Aiton é uma espécie nativa da África, Madagascar, Península Arábica, Sudoeste da Ásia, Índia e da China a Malásia (RAHMAN e WILCOCK 1991). É uma planta perene, xerófila, que cresce em regiões áridas e semi-áridas e que se destaca devido sua resistência a seca e tolerância a salinidade (HASSAN, et al.,2015). Dentre as atividades econômicas da espécie, destaca-se o uso como planta medicinal devido suas propriedades fitoquímica e farmacológica (RANJIT et al., 2012) e produção de bioenergia e biocombustíveis em regiões semi-áridas (RATHORE e MENNA 2010; BARBOSA et al., 2014).

Nesse contexto, devido ao potencial econômico e a necessidade de novos estudos com a espécie, pesquisas recentes foram realizadas com o intuito de conhecer a fenologia (FARAHAT et al., 2015), o armazenamento de sementes (OLIVEIRA-BENTO et al., 2015), o teor de óleos e ácidos graxos (BARBOSA et al. 2014), resposta metabólica a mudanças na disponibilidade de água (RAMADAN et al. 2014), além da diversidade genética (EL-BAKRY et al., 2014; YAO et al., 2015) e revisão bibliográfica sobre a espécie (HASSAN et al., 2015).

No Brasil pesquisas foram desenvolvidas visando a produção de forragem (LIMA et al., 2004; ANDRADE et al., 2005), devido seu potencial para alimentação de ruminantes, sendo necessário novos estudos voltados para o cultivo da espécie como cultura racional, com destaque na área de melhoramento genético (COSTA et al., 2009), sobretudo para avaliar a divergência genéticas entre os materiais.

Nesse contexto, a divergência genética é um dos mais importantes parâmetros avaliados por melhoristas de plantas na fase inicial de um programa de melhoramento genético (NEGREIROS et al., 2008), com a função de avaliar a variabilidade genética existente na espécie, visando selecionar materiais promissores. Segundo CRUZ (2006), o sucesso de um programa de melhoramento vegetal é consequência direta da existência de variabilidade na população de trabalho, sendo recomendados indivíduos superiores e divergentes para o inter cruzamento.

Com *C. procera* pesquisadores realizaram estudos de diversidade genética por meio de marcadores moleculares (EL-BAKRY et al., 2014; YAO et al., 2015) e verificaram ocorrência de variabilidade genética. YAO et al. (2015) descrevem que pouco se sabe sobre a diversidade genética em *C. procera* e com isso, faz-se necessário a realização de novas pesquisas para ampliar o conhecimento sobre o assunto.

Embora o volume de informações genéticas provenientes de marcadores moleculares tenha aumentado em grandes proporções para os estudos de diversidade genética, continua-se a dar ênfase ao estudo da diversidade por meio de características fenotípicas, principalmente de natureza quantitativa, tendo em vista a sua importância econômica nos programas de melhoramento de plantas (CRUZ et al., 2011). Com *C. procera* Almeida et al. (2017) iniciaram estudo no programa de melhoramento da espécie, com seleção precoce de plântulas a partir de estimativas de parâmetros genéticos.

Entretanto, não foram encontrados na literatura estudos de diversidade genética com a espécie por meio de caracteres fenotípicos, sendo necessárias pesquisas nesse sentido, visando a identificação de acessos divergentes e com potencial para produção de forragem. Dessa forma, a realização de pesquisas preliminares envolvendo o germoplasma de ocorrência natural do território brasileiro torna-se uma etapa importante no programa de melhoramento de *C. procera*. Nesse sentido, sabendo do potencial econômico da espécie, sobretudo do potencial forrageiro, objetivou-se avaliar a diversidade genética entre acessos de *C. procera* baseada em caracteres agronômicos, de modo a subsidiar a seleção dos genótipos com potencial para produção de forragem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas sementes de 70 acessos de *C. procera* entre outubro e janeiro de 2016, em áreas de ocorrência natural da espécie, na região Nordeste do Brasil, conforme se observa na Figura 7. Atualmente esses acessos compõem a coleção de germoplasma do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação no INSA, em Campina Grande – PB (7°16'23.25 S 35°58'17.06" W e altitude 531 m), entre janeiro e setembro de 2016.

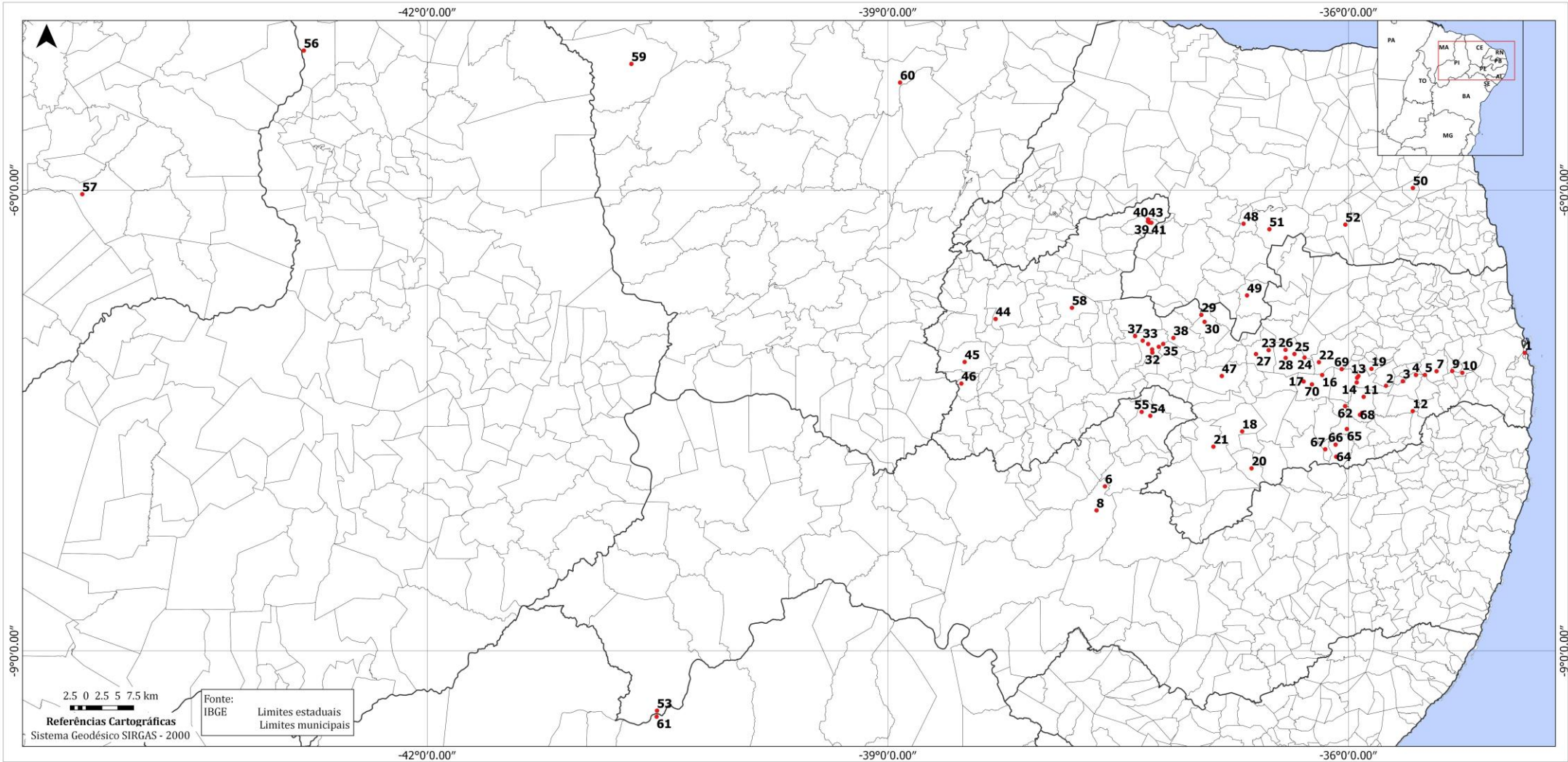


Figura 7. Localização geográfica da coleta de sementes de *C. procera* na região Nordeste do Brasil.

Foram coletados frutos com maturação fisiológica atingida, os quais se encontravam com a cápsula aberta e sementes de coloração marrom. As sementes foram extraídas de forma manual e colocados para secar à sombra. Após a secagem as sementes foram armazenados em sacos de papel em temperatura ambiente até o momento da semeadura. Posteriormente, foram semeadas 20 sementes de *C. procera* por vaso e após a avaliação da emergência realizou-se o desbaste deixando apenas cinco plântulas no vaso. Posteriormente, foi feita a coleta de plantas para pesagem ao longo do experimento, restando apenas uma planta no vaso até os 240 dias após a semeadura (DAS).

As plantas foram cultivadas durante 240 DAS, em vasos plásticos com capacidade de 10 litros, com as seguintes dimensões: 25 cm de altura, abertura e base com 27 cm e 18 cm de diâmetro, respectivamente. Na base dos vasos foi instalado sistema de drenagem com quatro furos para facilitar o escoamento da água. Os vasos foram preenchidos com um solo arenoso com a seguinte composição química: pH 4,9; 2,55 mg/dm³ de P; 71,6 mg/dm³ de K⁺; 0,09 cmolc/dm³ de Na⁺; 1,82 cmolc/dm³ de H⁺ + Al⁺³; 0,4 cmolc/dm³ de Al⁺³; 0,34 cmolc/dm³ de Ca⁺²; 0,8 cmolc/dm³ de Mg⁺²; 1,41 cmolc/dm³ de soma de bases trocáveis; 3,22 cmolc/dm³ de capacidade de troca catiônica e 1,79 g/kg de matéria orgânica. A composição física do solo possui 900 g/kg de areia (2 - 0,05 mm), 60 g/kg de silte (0,05 - 0,002 mm), 40 g/kg de argila (< 0,002 mm) e areia como classe textural.

A adubação do solo foi realizada conforme recomendação de sua análise química e física, aplicando-se 8 g de super fosfato simples na fundação, 10 g de cloreto de potássio e 10 g de uréia, divididos em duas aplicações, aos 30 e 90 DAS. As plantas foram irrigadas em intervalos de 3 dias, com base no potencial hídrico e na capacidade de campo do solo. Para o controle de pulgões (*Aphis neri*) foram realizados aplicações pontuais de um produto a base de Deltametrina (25g/l).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 70 acessos em três repetições. Foram avaliadas as seguintes características: porcentagem final de emergência (PFE) (BRASIL, 2009), índice de velocidade de emergência (IVE) (MAGUIRE, 1962) e índice de vigor de plântulas (IVP) (MAROUFI; FARAHANI; MOAVENI, 2011), através de contagem diária do número de plântulas emersas entre o sexto e o décimo dia após a semeadura (DAS). Obteve-se ainda, a altura da planta (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF), largura média de folhas (LMF), área foliar (AF) e área foliar total (AFT) aos 210 DAS, além da massa verde do caule (MVC), massa verde da folha (MVF), massa verde total (MVT), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC) e

massa seca total (MST) aos 120 DAS. Os dados de massa verde e massa seca foram obtidos neste período de avaliação, quando existiam duas plantas no vaso, ficando posteriormente, apenas uma planta no vaso para análise das próximas fases fenológicas, ou seja, das características descritas anteriormente, como também do início da floração (IF) em DAS, do número de flores por inflorescência (NFL) e do número de frutos produzidos numa inflorescência (NFR).

Obteve-se a ALT medindo-se a distância do colo à gema apical com auxílio de régua graduada em centímetros. Para as medições do DC (medido na base do caule, correspondente ao colo das plantas), utilizou-se um paquímetro digital graduado em mm. Na contagem do NF consideraram-se apenas as folhas totalmente expandidas, pois não houve contagem de folhas imaturas, e as mensurações de comprimento (cm) e largura (cm) foram realizadas em três folhas obtidas na região inferior, mediana e superior da planta e com isso obteve-se o comprimento médio de folha (CMF) e largura média de folha (LMF). A área foliar individual foi obtida a partir do modelo $AF (cm^2) = L \times C \times 0,75$ proposto por Moreira Filho et al. (2007) para *C. procera* e obteve-se a AFT a partir do somatório da AF de cada folha.

Para análise da fitomassa foi feita a partição das plantas em folhas e caules para determinações da MVF, MVC e MVT em balança de precisão ($e = 0,0001$ g). Em seguida, o material foi posto para secar em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C por 48 horas até atingir massa constante, quando se obteve MSF, MSC e MST, utilizando-se a mesma balança citada.

Além disso, foram obtidas as medidas de fluorescência da clorofila a e b em folhas da base (CAB e CBB) e em folhas do ápice (CAA e CBA) aos 210 DAS, utilizando-se o Clorofilog Falker CFL 1030.

Os dados dos caracteres foram submetidos à análise de variância (ANAVA) pelo teste F ($p < 0,05$). A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios da ANAVA estimaram-se os parâmetros genéticos. Além disso, obteve-se a análise de Variáveis Canônicas, de agrupamento pelo método de Tocher e UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), utilizando-se o *software* GENES (CRUZ, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância e as estimativas de parâmetros genéticos dos 23 caracteres agronômicos estão descritos na Tabela 2. Houve diferença significativa ($p < 0,01$) pelo teste F, entre os 70 acessos de *C. procera* em todos os caracteres avaliados. Sendo assim, estimaram-se os parâmetros genéticos visando subsidiar a seleção dos materiais promissores. Conforme Bárbaro et al. (2004), as estimativas de parâmetros genéticos assumem um importante papel preditivo para o direcionamento de programas de melhoramento em relação ao processo seletivo dos genótipos mais promissores.

Nesse sentido, verificou-se ocorrência de variabilidade genética no presente estudo, pois as estimativas dos parâmetros genéticos comprovam o efeito genético na expressão dos caracteres, com valores de CV_e indicando boa precisão experimental, com valores de CV_g elevados na maioria dos caracteres, superior ao CV_e , com destaque para relação CV_g/CV_e , que obteve resultados superior a 1, de acordo com (VENCOVSKY, 1987), exceto nas características IVP, CBA, CAB, CBB, DC, ALT, NF, CMF e AFT, sendo uma situação favorável para ganho na seleção dos materiais promissores.

Entretanto, esses parâmetros não devem ser considerados isoladamente, sendo a herdabilidade um melhor indicador do sucesso de um processo seletivo em programas de melhoramento genético. Dessa forma, as estimativas de h^2 foram de alta magnitude (CRUZ, 2005), evidenciando potencial para seleção de acessos promissores, podendo haver ganhos genéticos expressivos no processo seletivo. Almeida et al. (2017) também verificaram ocorrência de variabilidade genética em genótipos de *C. procera*, o que subsidiou a realização de seleção precoce de plântulas mais produtivas. Entretanto, o estudo de diversidade genética deve ser realizado levando-se em consideração informações de todas as fases fenológicas da espécie, como forma de subsidiar o processo seletivo.

Tabela 2. Resumo das análises de variância e estimativas de parâmetros genéticos dos 23 caracteres agrônômicos de 70 acessos de *C. procera*.

FV	GL	Quadrados médios							
		IVE	EP	IVP	CAA	CBA	CAB	CBB	DC
Blocos	2	39.05	124.64	0.351	11.32	6.63	0.052	0.252	16.28
Acessos	69	28.93**	677.4**	0.046**	9.27**	6.82**	16.96**	3.37**	9.26**
Resíduo	138	5.27	49.16	0.025	2.30	1.95	5.65	1.18	3.96
		Parâmetros genéticos							
Média		14.73	92.92	0.37	38.74	10.69	32.97	6.75	27.41
CVe (%)		15.57	7.54	41.39	3.91	13.07	7.21	16.06	7.26
h ²		81.78	92.74	45.95	75.15	71.32	66.67	65.07	57.17
CVg (%)		19.05	15.57	22.03	3.93	11.9	5.88	12.65	4.84
CVg/CVe		1.22	2.06	0.53	1.00	0.91	0.81	0.78	0.66
FV	GL	Quadrados médios							
		ALT	NF	LMF	CMF	AFM	AFT	IF	NFL
Blocos	2	615.24	8.93	1.96	3.74	1284.47	1124212.41	6104.16	1515.1
Acessos	69	354.57**	7.91**	1.26**	1.68**	583.62**	151842.44**	948.41**	132.07**
Resíduo	138	105.19	2.06	0.27	0.6	135.36	70671.51	203.35	24.1
		Parâmetros genéticos							
Média		113.68	19.87	8.4	17.54	113.3	1678.8	168	8.73
CVe (%)		9.02	7.22	6.19	4.41	10.27	15.84	86.95	56.25
h ²		70.33	73.96	78.47	64.5	76.81	52.73	78,56	81,75
CVg (%)		8.02	7.03	6.82	3.43	10.79	9.73	96,09	68,73
CVg/CVe		0.89	0.97	1.1	0.78	1.05	0.61	1,11	1,22
FV	GL	Quadrados médios							
		NFR	MVC	MVF	MVT	MSC	MSF	MST	
Blocos	2	28.6	190.99	386.38	1115.52	9.9	1.71	19.26	
Acessos	69	3.50**	381.68**	685.93**	1866.43**	32.45**	14.36**	79.57**	
Resíduo	138	0.56	19.43	39.29	25.42	2.39	1.17	5.85	
		Parâmetros genéticos							
Média		1.25	35.68	70.56	106.24	9.03	8.15	17.17	
CVe (%)		59.56	12.36	8.88	4.75	17.12	13.28	14.08	
h ²		84,11	94.91	94.27	98.64	92.64	91.85	92.65	
CVg (%)		79,12	30.8	20.81	23.32	35.08	25.74	28.87	
CVg/CVe		1,33	2.49	2.34	4.91	2.05	1.94	2.05	

FV - Fonte de Variação; GL – Graus de liberdade; CVe – Coeficiente de variação ambiental; h² -herdabilidade; CVg – Coeficiente de variação genético; ** Significativo (p< 0,01) pelo teste F. Emergência de plântula (EP), índice de velocidade de emergência (IVE), índice de vigor de plântulas (IVP), altura da planta (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF), largura média de folhas (LMF), área foliar (AF), área foliar total (AFT), massa verde do caule (MVC), massa verde da folha (MVF), massa verde total (MVT), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca total (MST), início da floração (IF), número de flores por inflorescência (NFL), número de frutos produzidos numa inflorescência (NFR), fluorescência da clorofila a em folhas da base (CAB), fluorescência da clorofila b em folhas da base (CBB), fluorescência da clorofila a em folhas do ápice (CAA) e fluorescência da clorofila b em folhas do ápice (CBA).

Yao et al. (2015) descrevem que pouco se sabe sobre a diversidade genética em *C. Procera* e Barbosa et al. (2014) acrescentaram que não há estudos genéticos no Brasil, investigando a existência de diferentes genótipos no território brasileiro. Nesse sentido, sabendo da existência de variabilidade genética entre os 70 acessos de *C. procera*, realizou-se estudo da diversidade genética através de análise multivariada, variáveis canônicas, por meio de medidas de dissimilaridade entre acessos, como forma de produzir uma estrutura de grupos e identificar aqueles com similaridade, bem como os materiais divergentes, para selecionar genitores com potencial de cultivo a serem recomendados em programas de hibridação (CRUZ et al., 2011).

Por sua vez, Santos et al. (2000) acrescentam que trabalhos envolvendo a análise da diversidade genética, com base em técnicas de análise multivariada, têm oferecido contribuições efetivas na discriminação e indicação de prováveis genitores que possam vir ser utilizados em programas de melhoramento, além de possibilitar um maior conhecimento dos acessos pertencentes às coleções de germoplasma.

Além disso, o estudo da diversidade genética com base nos caracteres agronômicos auxilia na distinção dos acessos, favorecendo a conservação dos recursos genéticos da espécie, pois os materiais após a caracterização são conservados no banco de germoplasma como forma de preservar a variabilidade genética da espécie (COSTA, SPEHAR e SERENO, 2012; RAMOS et al., 2007).

Dessa forma, obteve-se inicialmente análise de agrupamento dos 70 acessos de *C. procera* pelo método de otimização de Tocher, com base na distancia generalizada de Mahalanobis (D^2), onde resultou na formação de 5 grupos distintos (Tabela 3), sendo três constituídos de apenas 1 acesso (grupos 3, 4 e 5), considerados os mais isolados entre os avaliados. O primeiro grupo conteve 88,57% dos acessos, sendo subdividido em 3 subgrupos, onde o subgrupo 1 é formado por 25,72% dos acessos, o subgrupo 2 por 41,42 % dos acessos e o subgrupo 3 por 21,42% dos genótipos.

Durante a coleta dos materiais partiu-se do pressuposto que quanto maior as distâncias geográficas dos acessos maior seria a divergência genética, onde os resultados demonstram que o padrão de agrupamento foi independente da origem dos materiais, pois acessos oriundos de regiões distantes atingiram menores distâncias genéticas. Dessa forma, torna-se necessária a realização de futuras pesquisas com marcador molecular, como forma de ampliar o conhecimento sobre o assunto.

O segundo grupo, formado pelos acessos 1, 50, 39, 70 e 48, possuem valores médios superiores as médias gerais em todos os caracteres, sendo materiais com potencial de cultivo,

promissores no programa de melhoramento da espécie, podendo ser utilizados em programas de hibridação, tendo em vista o potencial de produção e a distância genética em relação aos demais grupos. Cruz (2006) comenta que o sucesso de um programa de melhoramento vegetal é consequência direta da existência de variabilidade na população de trabalho, sendo recomendados para o intercruzamento, indivíduos superiores e divergentes.

Da mesma forma, o grupo 3 composto pelo acesso 20, também obteve valores médios superiores a média geral em todos os caracteres, além de precocidade na floração e frutificação, sendo material promissor para produção de sementes, podendo ser utilizado como genitor em programas de hibridação, tendo em vista sua complementariedade gênica.

O quarto grupo constituído pelo acesso 53, destaca-se pela alta produção de fitomassa, entretanto, atingiu média inferior a média geral nos caracteres MSC, MSF, MST. Portanto, apesar de seu valor genético é um genótipo sem importância para o programa de melhoramento da espécie, pois conforme SILVA; QUEIROZ (2002), a matéria seca é uma característica importante em plantas forrageiras, pois refere-se a porção do alimento onde estão todos os nutrientes, a massa total descontada a umidade.

Diferentemente dos demais grupos, o grupo 5, representado pelo acesso 28, caracteriza-se como material com maior divergência genética em relação aos acessos do grupo I, onde obteve menores resultados em todos os caracteres, e com isso, não deve ser tomado em futuros estudos, porém deve ser preservado no banco de germoplasma como recurso genético.

Tabela 3. Agrupamento dos 70 acessos de *C. procerá* pelo método de otimização de Tocher.

Grupo	Acessos																		
	I.1	25	64	4	15	7	63	43	33	5	55	16	34	54	2	26	9	37	35
I	I.2	62	56	68	38	24	17	66	58	32	45	11	51	18	69	59	3	42	27
		41	44	65	61	49	46	40	14	8	52	36							
	I.3	19	29	10	31	6	13	30	23	60	47	22	57	67	12	21			
II	1	50	39	70	48														
III	20																		
IV	53																		
V	28																		

Além disso, realizou-se análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com o objetivo de detalhar a dissimilaridade entre os acessos, através da formação de dendograma (Figura 8).

O método UPGMA pôde representar de maneira significativa a diversidade genética existente entre os acessos, com coeficiente de correlação cofenética (CCC) satisfatório (0,7777). Esse índice indica o grau de distorção quanto à representação da similaridade entre os indivíduos em um dendograma, onde valores próximos à unidade representam baixa distorção. Segundo Rohlf (1970), CCC inferior a 0,7 indica que houve inadequação no agrupamento dos genótipos, ou seja, a divergência genética real não é representada de maneira confiável no plano bidimensional.

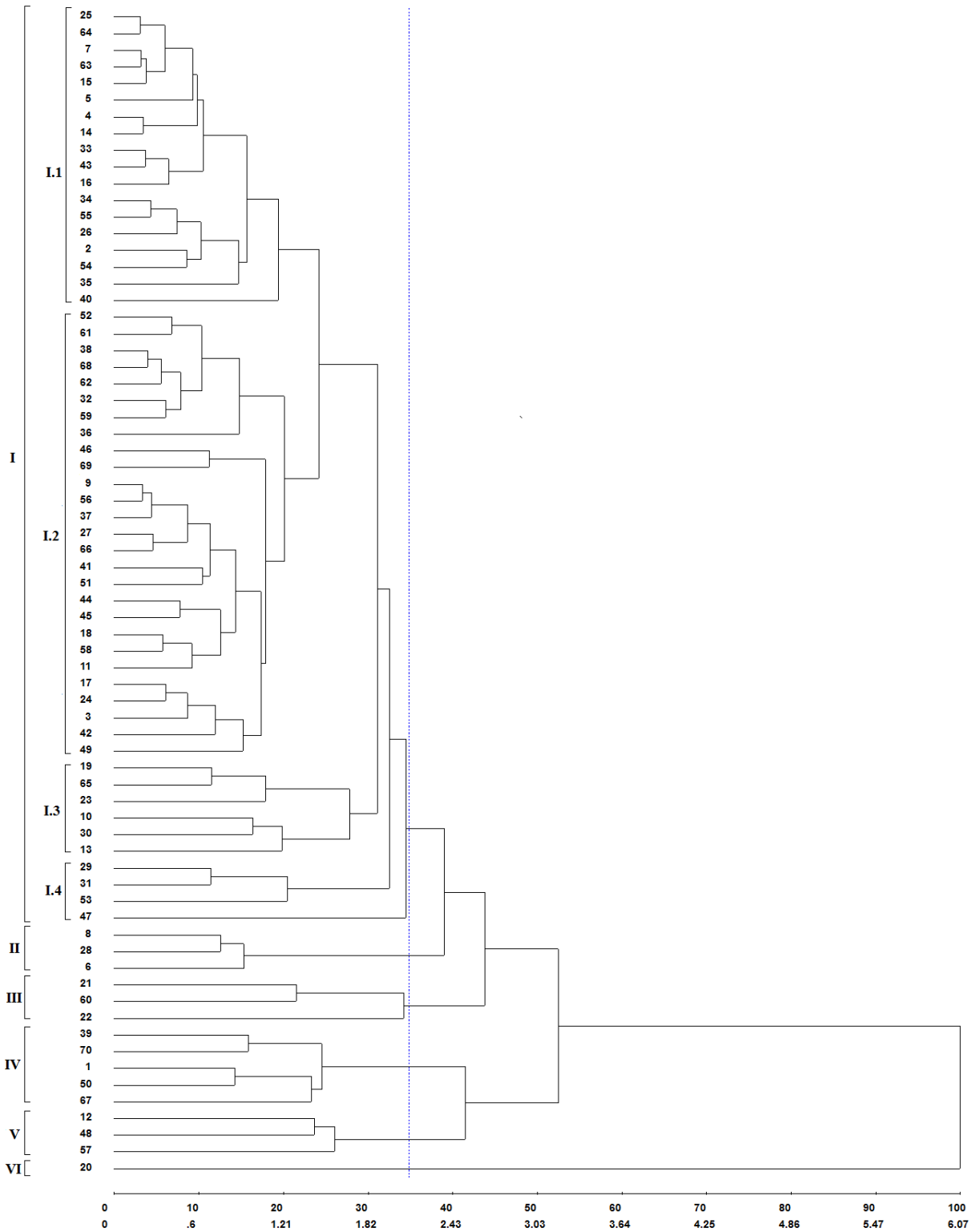


Figura 8: Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, a partir da matriz de dissimilaridade (D^2) dos 70 acessos de *C. procera* com base em 23 caracteres agronômicos. Coeficiente de correlação cofenética 0,777. Linha pontilhada representa o ponto de corte com base na metodologia proposta por (MOJENA, 1977).

O ponto de corte ao nível de 2,1268 de dissimilaridade pelo critério de Mojena (MOJENA, 1977) correspondeu à aproximadamente 35% da dissimilaridade total, o que possibilitou a formação de seis grupos, sendo o grupo 1 subdividido em 4 subgrupos. Os resultados observados pelo método de Tocher se aproximam aos obtidos pelo método UPGMA, diferindo, principalmente, no agrupamento dos acessos 60, 22, 57, 67, 12, 48, 21, 6, 8 e 53 quando estes ficaram em grupos distintos. Além disso, no método de Tocher houve a formação de 3 subgrupos dentro do grupo I, enquanto no UPGMA o mesmo foi subdividido em 4 subgrupos.

No método UPGMA, os acessos 12, 57 e 67, foram retidos em grupos diferentes, juntamente com acessos promissores da coleção, ou seja, 1, 39, 48, 50 e 70. Porém, o método de Tocher aglomerou os acessos 12, 57 e 67 no grupo I.3, nas últimas posições, indicando ser materiais com maior distância genética em relação aos demais acessos do mesmo grupo, sendo, portanto, importantes do ponto de vista agrônomo, e que podem ser recomendados como candidatos a progenitores em trabalhos de hibridação.

Da mesma forma que o agrupamento pelo método de tocher, observou-se no UPGMA que o padrão de agrupamento foi independente da origem dos materiais, pois acessos oriundos de regiões distantes atingiram menores distâncias genéticas.

Além dos métodos de agrupamento, avaliou-se a diversidade genética pelo método das variáveis canônicas, que tem como objetivo básico proporcionar uma simplificação estrutural dos dados no espaço bi ou tridimensional. A viabilidade de sua interpretação está restrita à concentração da variabilidade entre as primeiras variáveis, em geral referenciadas como acima de 80% (CRUZ et al., 2011).

Contudo, outros autores recomendam como viável a variância acumulada acima de 70% nas primeiras variáveis canônicas (HÄRDLE e SIMAR, 2003; RENCHER, 2002). Ressalta-se ainda, que as análises de agrupamento podem ser complementadas por outras técnicas de visualização, a exemplo de variáveis canônicas, como forma de facilitar a interpretação geométrica (CRUZ et al., 2011), sendo, portanto, justificável a utilização dessa análise no presente estudo, pois as duas primeiras variáveis explicam 72,59% da variação total (Tabela 4), além de proporcionar complementação as análises de agrupamento e simplificação estrutural dos dados.

Tabela 4. Variáveis canônicas e suas respectivas importâncias relativas [Raiz (%)] e acumuladas [Raiz Acumulada (%)] para os 23 caracteres agronômicos avaliados nos 70 acessos de *C. procera*.

Variável Canônica	Raiz	Raiz (%)	% Acumulada
1	68.864273	64.762112	64.762112
2	8.327747	7.831673	72.593785
3	5.369828	5.049954	77.643739
4	4.69763	4.417798	82.061537
5	3.136434	2.949601	85.011138
6	2.542641	2.391179	87.402317
7	2.23268	2.099682	89.501998
8	1.931751	1.816679	91.318678
9	1.468157	1.3807	92.699378
10	1.325425	1.246471	93.945849
11	1.149742	1.081254	95.027103
12	0.877134	0.824884	95.851987
13	0.805589	0.757601	96.609588
14	0.692235	0.650999	97.260587
15	0.665455	0.625815	97.886402
16	0.566546	0.532797	98.419199
17	0.490764	0.46153	98.880729
18	0.394032	0.37056	99.251289
19	0.245188	0.230583	99.481871
20	0.213711	0.20098	99.682852
21	0.151786	0.142745	99.825597
22	0.098641	0.092765	99.918362
23	0.086809	0.081638	100.00

Na Figura 9 encontra-se a dispersão gráfica dos 70 acessos de *C. procera* baseada nas duas primeiras variáveis canônicas, com a formação de seis grupos distintos, tomando como referência a concordância com os grupos formados pelos métodos de Tocher e UPGMA, indicando potencial dos caracteres em representar a diversidade genética entre os genótipos estudados.

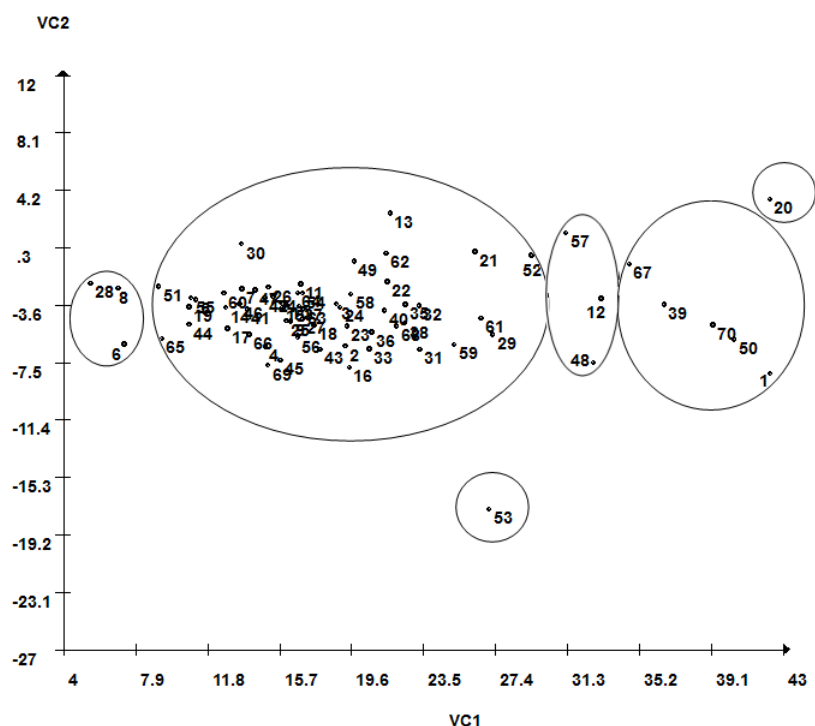


Figura 9. Dispersão gráfica de escores dos 70 acessos de *C. procera* em relação às duas primeiras variáveis canônicas, estabelecidas pelos 23 caracteres agronômicos. Os círculos delimitam os grupos formados.

As composições dos grupos obtidas pelas diferentes análises, sobretudo, amparada pelas estimativas de parâmetros genéticos, fornecem subsídios para sugerir os acessos promissores, indicados para condução de um programa de melhoramento voltado para produção de forragem, tendo em vista a importância dos caracteres agronômicos na avaliação do potencial produtivo.

Na quantificação da contribuição relativa dos caracteres para a diversidade genética, utilizou-se o método proposto por SINGH (1981), onde foi possível, a partir das medidas de dissimilaridade D^2 , obter os valores de S_j (em que S é a medida da importância relativa da variável j) para os 23 caracteres (Tabela 5). Observa-se que as variáveis MVT, MVF e MVC, foram as que mais contribuíram para a diferenciação dos 70 acessos, com 85,23% da distribuição total e os caracteres MSC, MSF e MST contribuíram com 14,62%, sendo indicados em futuros estudos visando a produção de forragem. Ressalta-se que a fitomassa de plantas é uma das principais características de plantas forrageiras, pois representa o potencial produtivo da planta. Nesse sentido, plantas com potencial de atingir maiores estimativas de fitomassa, e por conseguinte, maior percentual de matéria seca, são de grande importância para compor futuros trabalhos em programas de melhoramento de *C. procera*.

As demais características, apesar de sua importância, atingiram as menores estimativas de S.j, e com isso torna-se necessária a realização de futuras pesquisas envolvendo os acessos do presente estudo, visando investigar outras características, a exemplo dos metabólitos secundários, como forma de otimizar o programa de melhoramento da espécie. Mohamed et al. (2015) descrevem que o látex de *C. procera* possui alto teor de compostos ativos, incluindo os glicosídeos cardiotônicos, alcalóides, terpenos, resinas, lípidios, flavonóides, taninos e esteróides. Dentre esses metabólitos secundários, os glicosídeos cardiotônicos são os mais importantes, tendo em vista sua ação tóxica em humanos e animais. Dessa forma, torna-se importante a investigação desse metabólito nos acessos do presente estudo em futuras pesquisas.

Tabela 5. Importância relativa de 23 caracteres agrônômicos para diversidade genética entre os 70 acessos de *C. procera*, conforme (SINGH, 1981).

Caracteres	S.j	S.j (%)
Massa verde total	54599895.39	42.7035
Massa verde da folha	29097138.04	22.7574
Massa verde do caule	25302036.76	19.7892
Massa seca total	9436106.16	7.3801
Massa seca do caule	5727002.06	4.4792
Massa seca da folha	3544695.38	2.7724
Emergência de plântulas	26030.30	0.0204
Área foliar	21056.29	0.0165
Número de frutos por inflorescência	20251.92	0.0158
Fluorescência da clorofila a em folhas do ápice	13723.74	0.0107
Início da floração	10251.07	0.0080
Número de folhas	10167.48	0.0080
Fluorescência da clorofila a em folhas da base	9793.95	0.0077
Altura da planta	7001.09	0.0055
Largura média da folha	5459.50	0.0043
Número de flores por inflorescência	5373.94	0.0042
Fluorescência da clorofila b em folhas da base	4376.49	0.0034
Diâmetro do caule	4119.74	0.0032
Fluorescência da clorofila b em folhas do ápice	4047.13	0.0032
Índice de vigor de plântulas	3742.87	0.0029
Índice de velocidade de emergência	3684.65	0.0029
Área foliar total	1324.49	0.0010
Comprimento médio da folha	709.20	0.0006

4. CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre os 70 acessos de *C. procera* para caracteres agronômicos;

As características de fitomassa são as que mais contribuem para a divergência genética em genótipos de *C. procera*;

Os acessos 1, 12, 20, 39, 48, 50, 57, 67 e 70 são promissores no programa de melhoramento de *C. procera*, com potencial agronômico e forrageiro, podendo ser utilizados como genitores em programas de hibridação e indicados para compor futuros estudos.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. V. B de; NEDER, D. G.; BATISTA, F. R. C.; DUTRA, W. F. Caracterização e seleção precoce de genótipos de flor-de-seda (*Calotropis procera*) com potencial forrageiro. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, 2017.

ANDRADE, M. V. M.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, A. N.; PINTO, M. S. C. Fenologia da *Calotropis procera* Ait. R. Br., em função do sistema e da densidade de plantio. **Archivos de Zootecnia**, v. 54, n. 208, p. 631-634, 2005.

BÁRBARO, I. M. et al. Seleção em populações F3 de soja visando à resistência ao cancro da haste e bons atributos agronômicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 297, p. 619-634, 2004.

BARBOSA, M. O.; de ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; da SILVA, S. I.; de OLIVEIRA, A. F. M. Seed oil content and fatty acid composition from different populations of *Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton (Apocynaceae). **Journal of the American Oil Chemists' Society**, New York, v. 91, n.8, p. 1433-1441, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

COSTA, A. M.; SPEHAR, C. R.; SERENO, J. R. B. **Conservação de recursos genéticos no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 628p, 2012.

COSTA, R. G.; de MEDEIROS, A. N.; ALVES, A. R.; de MEDEIROS, G. R. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2009.

CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 394 p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: análise multivariada e simulação**. Viçosa-MG, Ed. UFV, 2006, 175 p.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Viçosa: Editora UFV, 620p, 2011.

EL-BAKRY, A. A.; HAMMAD, I. A.; RAFAT, F. A. Polymorphism in *Calotropis procera*: preliminary genetic variation in plants from different phytogeographical regions of Egypt. **Rendiconti Lincei**, v. 25, n. 4, p. 471-477, 2014.

FARAHAT, E. A.; GALAL, T. M.; EL-MIDANY, M. M.; HASSAN, L. M. Phenology, biomass and reproductive characteristics of *Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton in South Cairo, Egypt. **Rendiconti Lincei**, Roma, v. 27, n. 2, p. 197-204, 2015.

HÄRDLE, W.; SIMAR, L. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Berlin: MD Tech. 488p, 2003.

HASSAN, L. M.; GALAL, T. M.; FARAHAT, E. A.; EL-MIDANY, M. M. The biology of *Calotropis procera* (Aiton) WT. **Trees**, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2015.

LIMA, G. F. C.; AGUIAR, E. M.; PEREIRA, G. F.; MACIEL, F. C.; GUEDES, F. X.; TORRES, J. F.; SILVA, J. G. M.; SOUZA, N. A.; LIMA, C. A. C.; MEDEIROS, H. R.; GARCIA, L. R. U. C. Flor de seda: fonte de feno de qualidade para os sertões. In: _____. **Armazenamento de Forragens para Agricultura Familiar**. Natal: EMPARN, 2004. 40p.

MAGUIRE, J. D. Seed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.

MAROUFI, K.; FARAHANI, H.A.; MOAVENI, P. Effects of hydropriming on seedling vigour in spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Advances in Environmental Biology**, New Delhiv. 5, n. 8, p. 2224-2227, 2011.

MOHAMED, N. H.; LIU, M.; ABDEL-MAGEED, W. M.; ALWAHIBI, L. H.; DAI, H.; ISMAIL, M. A.; SHOREIT, A. A. Cytotoxic cardenolides from the latex of *Calotropis procera*. **Bioorganic & medicinal chemistry letters**, v. 25, n. 20, p. 4615-4620, 2015.

MOJENA R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, p.359-363, 1977.

MOREIRA FILHO, E. C.; SILVA, D. S.; PEREIRA, W. E.; CABRAL JÚNIOR, C. R.; ANDRADE, M. V. M.; SILVA, G. E.; VIANA, B. L. Estimação da área foliar da flor de seda (*Calotropis procera*). **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 56, n. 214, p. 245-248, 2007.

NEGREIROS, J. R. D. S.; ALEXANDRE, R. S.; ÁLVARES, V. D. S.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D. Divergência genética entre progênies de maracujazeiro-amarelo com base em características das plântulas. **Revista brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p. 197-201, 2008.

OLIVEIRA-BENTO, S. R. S.; TORRES, S. B.; BENTO, D. A. V.; de ALBUQUERQUE SILVA, B. K.; DANTAS, F. J. C.; da COSTA MELO, V. Armazenamento de sementes de flor-de-seda [*Calotropis procera* (AITON) W.T. AITON]. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 39 - 47, 2015.

RAHMAN, M. A.; WILCOCK, C. C. A taxonomic revision of *Calotropis* (Asclepiadaceae). **Nordic Journal of Botany**, Lund, v. 11, n. 3, p. 301-308, 1991.

RAMADAN, A.; SABIR, J. S.; ALAKILLI, S. Y.; SHOKRY, A. M.; GADALLA, N. O.; EDRIS, S.; BAKER, N. R. Metabolomic response of *Calotropis procera* growing in the desert to changes in water availability. **Plos One**, Cambridge, v. 9, n. 2, p. e87895, 2014.

RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. D.; PEREIRA, T. N. S. Recursos genéticos vegetais: manejo e uso. **Magistra**, v. 19, p. 265-273, 2007.

RANJIT, P. M.; ESWARA R. G.; KRISHNAPRIYA, M.; NAGALAKSHMI V.; SILPA, P.; ANJALI, M. An overview of phytochemical and pharmacological activities of *Calotropis procera*. **FS Journal of Pharmacy Research**, v. 1, n. 2, p. 18-25, 2012.

RATHORE, M.; MEENA, R. K. Potential of utilizing *Calotropis procera* flower biomass as a renewable source of energy. **Journal of Phytochemistry**, v. 2, n. 1, p. 18-23, 2010.

RENCHER, A.C. **Methods of Multivariate Analysis**. New York: Wiley-Interscience. 740p, 2002.

ROHLF, F. J. Adaptive hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v. 19, n. 1, p. 58-82, 1970.

SANTOS, R. C. dos; MOREIRA, J. de A. N.; FARIAS, R. H. de; DUARTE, J. M. Classificação de genótipos de amendoim baseada nos descritores agromorfológicos e isoenzimáticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.55-59, 2000.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, p. 253, 2002.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v.41, p.237-245, 1981.

VENCOVSKY, R (1987) Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Gargill.

YAO, D. A. R. A.; SPRYCHA, Y.; POREMBSKI, S.; HORN, R. AFLP assessment of the genetic diversity of *Calotropis procera* (Apocynaceae) in the West Africa region (Benin). **Genetic Resources and Crop Evolution**, Heidelberg, v. 62, n. 6, p. 863-878, 2015.

CAPÍTULO III

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton COM BASE NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE *Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton COM BASE NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

RESUMO: *Calotropis procera* possui potencial para produção de forragem em regiões áridas e semiáridas, principalmente, em virtude de sua resistência a seca. Sendo assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a divergência genética entre acessos de *C. procera* com base na composição bromatológica e no potencial forrageiro. Realizou-se o cultivo de 70 acessos de *C. procera* oriundos da região Nordeste do Brasil, pertencente a coleção de germoplasma do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O experimento foi conduzido em casa de vegetação no INSA, Campina Grande – PB, e realizou-se o corte das plantas aos 120 dias após a semeadura e obtiveram-se as seguintes características de produção: massa verde do caule, massa verde da folha, massa verde total, massa seca do caule, massa seca da folha e massa seca total. Posteriormente, realizou-se análise bromatológica no laboratório de análise de alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), Areia-PB, e determinaram-se os teores de matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos. Observou-se que há variabilidade genética entre os 70 acessos de *C. procera* para características de produção de forragem e composição bromatológica. Recomenda-se o cultivo dos acessos 48, 12, 67, 70, 39, 50, 20, 52 e 1, podendo ser utilizados para a geração de novos genótipos via hibridação, pois possuem maior potencial forrageiro. Todas as características de produção e da composição bromatológica, com exceção da fibra em detergente ácido, contribuem para a divergência genética entre acessos de *C. procera*.

Palavras chave: Flor-de-seda, melhoramento genético, planta xerófila, variabilidade genética

**GENETIC DIVERGENCE AMONG ACCESSIONS OF *Calotropis procera* (Ait.) W.T.
Aiton BASED ON BROMATOLOGICAL COMPOSITION**

ABSTRACT: *Calotropis procera* has potential for forage production in arid and semi-arid regions, mainly due to its resistance to drought. Thus, the aim of this research was to evaluate the genetic divergence among *C. procera* accessions based on the bromatological composition and forage potential. Cultivation of 70 accessions of *C. procera* from the Northeast region of Brazil, belonging to the germplasm collection of the National Institute of the Semi-Arid (INSA) was carried out. The experiment was conducted in a greenhouse in the INSA, in Campina Grande - PB, and the plants were cut at 120 days after sowing, and the following production characteristics were obtained: stem fresh mass, leaf fresh mass, total fresh mass, stem dry mass, leaf dry mass and total dry mass. Afterwards, bromatological analysis was performed in the Food Analysis Laboratory of the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba (CCA-UFPB), Areia-PB, and the contents of dry matter, mineral matter, organic matter, protein crude, ethereal extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, total carbohydrates, and non-fibrous carbohydrates were determined. It was observed that there is genetic variability among the 70 accessions of *C. procera* for characteristics of forage production and bromatological composition. It is recommended the cultivation of accessions 48, 12, 67, 70, 39, 50, 20, 52 and 1, being able to be used for the generation of new genotypes through hybridization, since they have higher forage potential. All the production and bromatological composition characteristics, with the exception of acid detergent fiber, contribute to the genetic divergence among *C. procera* accessions.

Keywords: Silk blossom, genetic improvement, xerophytic plant, genetic variability

1. INTRODUÇÃO

A produção de forragem, infelizmente, ainda se constitui no maior desafio para o desenvolvimento da pecuária no semiárido, principalmente em regiões com baixa precipitação (ANDRADE et al., 2006). Nesse sentido, com vistas a tentar solucionar o problema alimentar dos rebanhos, sobretudo no período seco do ano, pesquisadores recomendam o cultivo de plantas forrageiras xerófilas, como forma de reduzir os riscos de perda da produção decorrentes das flutuações sazonais da precipitação (DUQUE, 2004; ANDRADE et al., 2006; ANDRADE et al., 2010).

A precipitação é a principal variável climática para o semiárido brasileiro, sendo um fator limitante para produção de vegetais, em virtude de ser altamente variável, imprevisível, onde comumente ocorre em eventos descontínuos, em forma de pulsos de relativa curta duração (ANDRADE et al., 2010). Dessa forma, apostar em plantas forrageiras xerófilas tem sido uma opção importante na tentativa de garantir produção de forragem mesmo em anos com baixas precipitações.

Nesse contexto, a flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) W.T. Aiton), planta perene, xerófila, que cresce em países áridos e semi-áridos, reconhecida como espécie resistente a seca e com tolerância a salinidade (HASSAN, et al., 2015), surge como uma alternativa alimentar para a produção animal da região. É uma planta que permanece sempre verde durante todo o ano, mesmo em anos de seca, podendo ser utilizada como alimento para caprinos, ovinos e bovinos (COSTA, et al., 2009).

Na forma *in natura* possui toxidez, devido ser uma planta lactífera, em que os processos de fenação ou ensilagem mostram-se eficientes quanto a maximização de utilização pelos animais, devido a provável redução dos compostos tóxicos (COSTA, et al., 2009). Dessa maneira, é utilizada na alimentação animal na forma de feno, onde pesquisadores recomendam o seu uso na substituição de alimentos volumosos (MARQUES et al., 2008; SILVA et al., 2010) e substituição de alimento concentrado (TORRES et al., 2010; COSTA, et. al., 2011), sendo utilizada como silagem na dieta de ovinos (LIMA et al., 2005), pois comprovam ganhos de peso e aumento do consumo de alimentos (MADRUGA et al., 2008; PEREIRA et al., 2010; SILVA et al., 2010).

O potencial forrageiro de *C. procera* tem sido constatado em pesquisas científicas, por conta da produção de biomassa (OLIVEIRA e SOUTO, 2009), pela produtividade da matéria seca (LIMA et al., 2004) e devido, principalmente, a composição química da espécie, onde pesquisadores comprovam seu potencial através de análise bromatológica, em virtude do teor de

proteína bruta (ABBAS, et al., 1992; LIMA et al., 2005), da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (FALL, 1991; CRUZ et al., 2007), além do teor de matéria seca, matéria orgânica, matéria mineral, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos (ANDRADE et al., 2008; OLIVEIRA e SOUTO, 2009; SILVA et al., 2010).

Costa et al. (2009) reforçam que apesar de alguns trabalhos já terem sido realizados com a espécie, a escassez de estudos como cultura racional para alimentação animal limita sua utilização, sendo necessário mais estudos quanto a sua forma de produção, com destaque para o melhoramento genético através da seleção e propagação de plantas mais produtivas visando incrementar esta disponibilidade.

Nesse sentido, uma das etapas de um programa de melhoramento genético de plantas é o cultivo de acessos como forma de identificar os materiais promissores para um sistema de produção. E com *C. procera* não foi encontrado na literatura estudos avaliando o cultivo e a composição bromatológica de acessos provenientes de diferentes regiões do Nordeste do Brasil. Destaca-se ainda que, a caracterização da composição química de acessos de flor-de-seda é uma etapa importante para a seleção dos genótipos com maior potencial para produção de forragem e para compor futuros estudos no programa de melhoramento genético da espécie. Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a divergência genética entre acessos de *C. procera* com base na composição bromatológica e no potencial forrageiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o cultivo de 70 acessos de *C. procera* oriundos da região Nordeste do Brasil, pertencente a coleção de germoplasma do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), conforme se observa na Figura 10. O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação no INSA, em Campina Grande – PB, entre janeiro e maio de 2016.

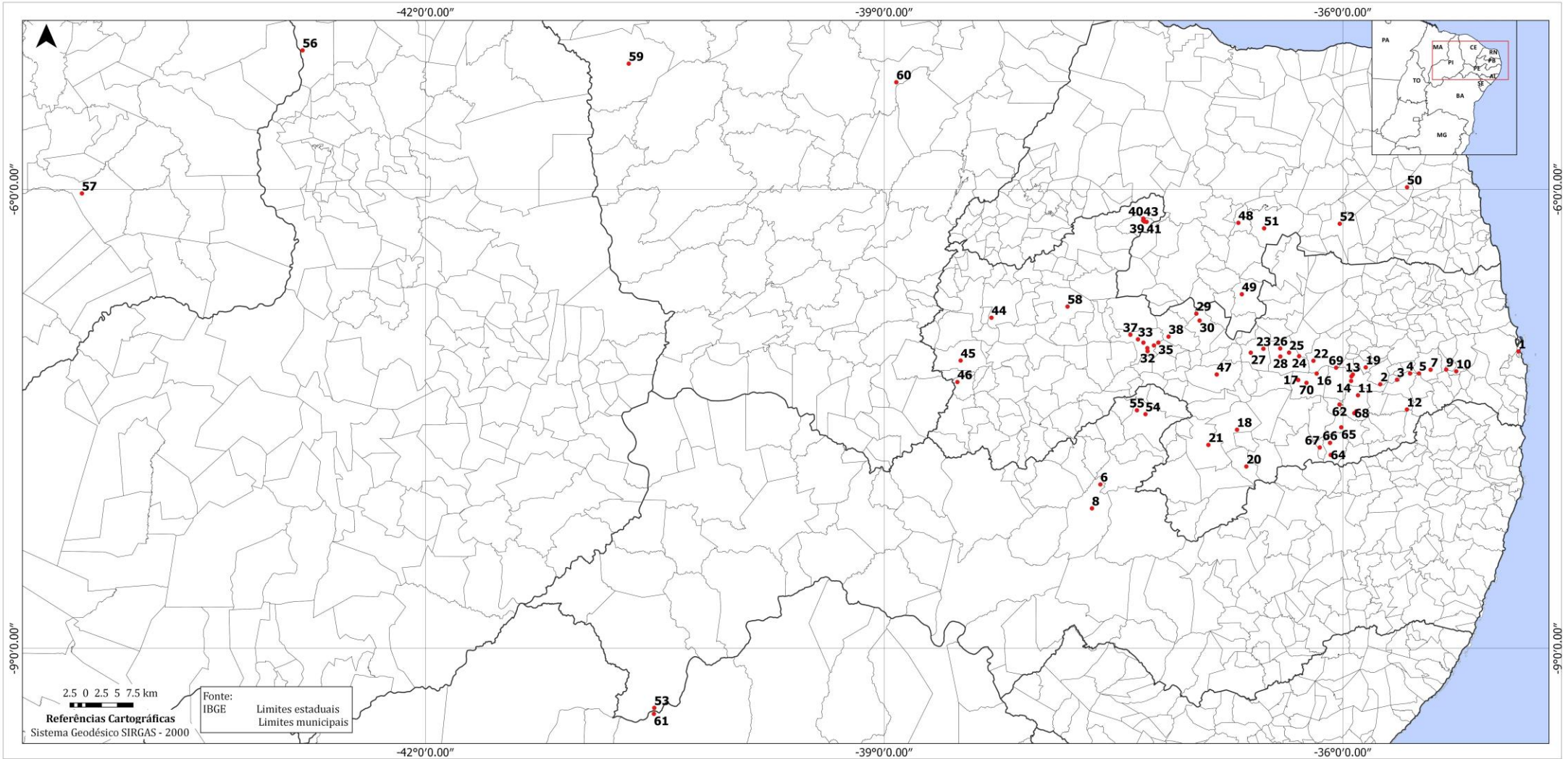


Figura 10. Localização geográfica da coleta de sementes de *C. procera* na região Nordeste do Brasil.

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 10 litros, com as seguintes dimensões: 25 cm de altura, abertura e base com 27 cm e 18 cm de diâmetro, respectivamente. Na base dos vasos foi instalado sistema de drenagem com quatro furos para facilitar o escoamento da água. Os vasos foram preenchidos com um solo com a seguinte composição química: pH 4,9; 2,55 mg/dm³ de P; 71,6 mg/dm³ de K⁺; 0,09 cmolc/dm³ de Na⁺; 1,82 cmolc/dm³ de H⁺ + Al⁺³; 0,4 cmolc/dm³ de Al⁺³; 0,34 cmolc/dm³ de Ca⁺²; 0,8 cmolc/dm³ de Mg⁺²; 1,41 cmolc/dm³ de soma de bases trocáveis; 3,22 cmolc/dm³ de capacidade de troca catiônica e 1,79 g/kg de matéria orgânica. A composição física do solo possui 900 g/kg de areia (2 - 0,05 mm), 60 g/kg de silte (0,05 - 0,002 mm), 40 g/kg de argila (< 0,002 mm) e areia como classe textural.

A adubação do solo foi realizada conforme recomendação de sua análise química e física, aplicando-se 8 g de super fosfato simples na fundação, 10 g de cloreto de potássio e 10 g de uréia, divididos em duas aplicações, aos 30 e 90 dias após a semeadura (DAS). As plantas foram irrigadas em intervalos de 3 dias, em quantidade suficiente para ocorrer a drenagem. Para o controle de pulgões (*Aphis neri*) foi realizado aplicações pontuais de um produto a base de Deltametrina (25g/l).

Realizou-se o cultivo dos acessos de *C. procera* até os 120 DAS e procedeu-se o corte das plantas nesse período, levando em consideração o estágio fenológico da espécie, ou seja, a fase vegetativa, período com 33 dias antes do início da floração, pois os acessos estavam com alta produção de folhas e com altura favorável para corte. Dessa forma, coletou-se toda a parte aérea das plantas e foram feitas a partição em folhas e caules para determinação das seguintes características de produção: massa verde do caule (MVC), massa verde da folha (MVF) e massa verde total (MVT) por meio de pesagem em balança de precisão ($e = 0,0001$ g). O material foi seco em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C por 48 horas até atingir massa constante e com isso obteve-se a massa seca do caule (MSC), massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST). Posteriormente, a MST foi levada para o moinho com o preparo de amostras para realização de análise bromatológica no laboratório de análise de alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), Areia-PB.

Com isso, determinaram-se os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme metodologia descrita por (SILVA; QUEIROZ, 2002). Além disso, estimaram-se a porcentagem de carboidratos totais (CHOT) e

carboidratos não fibrosos (CNF) através das seguintes fórmulas: $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$ e $CNF = 100 - (FDN + PB + EE + MM)$ segundo metodologia de (SNIFFEN et al., 1992).

Os valores médios das características foram submetidos à análise de componentes principais e análises de agrupamento pelo método de Tocher e UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), utilizando-se o *software* GENES (CRUZ, 2013).

Continuação da Tabela 6.

37	30.44	63.06	93.50	9.03	7.00	16.02	15.96	12.04	87.96	42.93	22.13	10.79	5.47	40.81	28.77
38	38.93	76.86	115.79	9.84	9.07	18.91	15.22	13.07	86.93	37.29	20.23	9.09	5.38	48.23	35.16
39	56.72	89.99	146.71	17.10	10.38	27.48	17.34	12.69	87.31	42.69	22.91	9.43	3.70	44.18	31.49
40	41.04	75.91	116.95	10.53	8.87	19.39	15.76	12.96	87.04	36.94	22.66	9.93	5.25	47.89	34.93
41	29.96	65.92	95.88	6.70	7.11	13.81	13.42	13.06	86.94	38.20	22.85	9.47	5.31	47.01	33.96
42	27.69	58.02	85.71	7.19	6.57	13.76	15.16	14.17	85.83	37.24	21.67	9.23	5.18	48.35	34.18
43	35.44	81.03	116.47	7.73	9.16	16.89	13.44	13.31	86.69	39.59	21.18	9.66	5.47	45.28	31.98
44	25.21	54.69	79.90	6.03	5.16	11.19	13.13	11.88	88.12	38.17	22.04	8.68	5.12	48.03	36.16
45	30.06	69.74	99.80	6.90	7.40	14.30	13.23	13.72	86.28	42.09	23.24	7.75	5.38	44.79	31.07
46	28.86	65.64	94.50	6.77	7.21	13.99	13.72	13.40	86.60	40.15	20.03	9.31	5.05	45.49	32.10
47	29.73	65.60	95.33	7.20	7.20	14.40	14.03	13.35	86.65	39.83	20.66	9.01	5.06	46.10	32.75
48	49.65	88.86	138.51	14.81	10.33	25.13	16.86	12.30	87.70	30.27	9.93	10.25	5.03	54.46	42.15
49	39.05	68.41	107.47	9.08	7.95	17.03	14.46	12.92	87.08	55.59	24.16	7.94	4.97	31.50	18.58
50	60.15	118.22	178.36	17.80	14.85	32.65	16.81	12.43	87.57	36.00	20.51	8.74	4.19	51.06	38.64
51	21.83	45.00	66.83	5.20	5.33	10.53	14.72	12.46	87.54	39.68	20.30	8.30	1.90	50.12	37.66
52	42.71	86.29	129.01	14.00	13.05	27.04	19.79	14.98	85.02	39.23	23.60	10.73	2.92	47.12	32.14
53	57.35	106.39	163.74	7.85	6.80	14.65	12.28	12.13	87.87	42.57	23.23	10.62	2.18	44.63	32.50
54	29.49	63.16	92.65	8.12	7.69	15.81	15.02	8.17	91.83	46.69	24.86	8.52	2.89	41.90	33.74
55	25.24	55.80	81.04	6.03	6.05	12.08	14.16	12.76	87.24	40.66	21.24	8.58	2.29	48.47	35.71
56	31.33	69.74	101.07	7.09	7.92	15.01	14.08	12.90	87.10	35.64	21.47	8.72	2.54	53.10	40.20
57	62.57	51.04	113.61	8.52	8.22	16.75	13.93	14.54	85.46	37.27	20.37	9.75	2.53	50.45	35.91
58	35.09	70.61	105.70	9.54	8.26	17.80	15.82	11.83	88.17	43.83	21.59	8.04	2.28	45.85	34.02
59	42.95	81.97	124.92	11.68	9.18	20.87	15.75	14.94	85.06	35.03	20.34	11.23	2.12	51.62	36.68
60	23.56	53.09	76.64	5.26	5.56	10.81	13.20	11.38	88.62	46.36	21.78	7.93	2.93	42.78	31.40
61	44.30	83.30	127.59	12.29	9.53	21.81	16.17	12.24	87.76	39.56	21.40	10.34	2.68	47.42	35.18
62	37.14	72.59	109.74	8.77	12.16	20.93	18.00	13.97	86.03	61.22	23.36	8.93	3.02	26.82	12.85
63	32.53	67.04	99.56	8.00	8.06	16.06	15.22	14.68	85.32	38.98	22.36	10.08	3.06	47.89	33.21
64	32.64	65.09	97.72	7.85	7.57	15.41	14.85	14.58	85.42	49.28	24.64	8.91	3.00	38.82	24.24
65	21.57	48.87	70.44	4.98	5.17	10.14	13.56	12.67	87.33	36.13	19.62	7.93	2.74	53.20	40.53
66	29.01	63.40	92.41	7.40	6.92	14.32	14.33	13.81	86.19	34.11	23.15	10.35	3.16	52.38	38.57
67	57.56	87.88	145.44	15.96	10.38	26.34	16.76	12.32	87.68	35.23	22.22	9.37	3.34	52.05	39.73
68	38.30	75.76	114.06	10.37	7.99	18.36	14.98	15.43	84.57	34.02	21.66	9.49	3.14	53.35	37.92
69	28.44	75.00	103.44	7.07	8.10	15.16	13.49	15.18	84.82	35.19	22.49	9.78	3.45	51.58	36.39
70	59.45	95.89	155.34	18.03	10.24	28.26	16.75	13.62	86.38	36.37	21.92	9.44	3.23	50.96	37.34
Média geral	35.67	70.56	106.24	9.02	8.15	17.17	15.10	13.34	86.66	42.26	22.18	9.54	3.95	44.25	30.92

As variações dos caracteres de produção com as respectivas médias gerais foram: 16,64g a 65,29g, com média geral de 35,67g para MVC; 45g a 118,22g, com média geral de 70,56g para MVF; 62,95g a 182,08g, com média geral de 106,23g para MVT. A MSC variou entre 3,92g a 18,03g, com média geral de 9,02g; MSF de 5,16g a 17,14g, com média geral de 8,14g e a MST houve variação entre 9,2g a 32,65g, com média geral de 17,16g.

No geral, verificou-se que *C. procera* possui maior rendimento de MVF do que MVC, porém, a média geral da MSC foi superior a média geral da MSF, sendo um indicativo que as folhas possuem maior reserva de água do que o caule, onde possivelmente é um fator que garante a resistência da espécie a seca e principalmente o que a torna uma planta perenifólia. O fato da planta ser laticífera, que possui em sua seiva água, carboidratos e lipídios, por exemplo, que funcionam como substâncias de reserva é um mecanismo que comprova a resistência de *C. procera* aos longos períodos de estresse hídrico, e que permanece com folhas verdes. Nesse sentido, a seleção dos genótipos por meio dos caracteres de produção é de grande importância para o melhoramento genético de *C. procera*, pois traz benefícios diretos para pecuária do semiárido, onde plantas com maiores rendimentos no peso da MVT e MST são indicadas para compor futuros estudos, em virtude da ocorrência de limitações na disponibilidade de alimentos volumosos nos períodos de seca.

Na composição bromatológica verificou-se particularidades nos acessos, com variações nos teores dos constituintes químicos, onde se constatou uma variação de 12,28% a 19,79%, com média geral de 15,10% na MS; 8,17% a 15,96%, com média geral de 13,33% para MM; variação de 84,04% a 91,83%, com média geral de 86,66% na MO. Nesses caracteres verificou-se pouca variação entre os acessos, onde atingiram teores próximos as médias gerais. Entretanto, Sabendo da importância da MS em plantas forrageiras, pois refere-se a porção do alimento onde estão todos os nutrientes, a massa total descontada a umidade, faz-se necessário em estudos futuros, cultivar os acessos com teor acima da média geral, pois os materiais com maior percentagem de MS possibilita maior produtividade por hectare.

A porcentagem de FDN na MS variou de 30,27% a 61,22%, com média geral de 42,26% e na FDA houve variação entre 9,93% a 30,7%, com média geral de 22,18%. A FDN compreende toda a parede celular e, portanto, quanto maior for à quantidade da fibra, menor será o consumo de forragens pelo animal (MOREIRA FILHO et al., 2009). Dessa forma, os acessos com menor FDN são indicados para cultivo e produção de forragem, sendo materiais promissores no programa de melhoramento de *C. procera*.

A FDA é composta basicamente de celulose e lignina, que são os carboidratos estruturais menos digestíveis para os ruminantes. Indica a quantidade de fibra que não é digestível sendo, portanto, um dos indicadores qualitativos da forragem. Quanto menor o seu valor, maior o valor energético do alimento (MOREIRA FILHO et al., 2009). Conforme Van Soest (1994), um bom teor de FDA na forragem fica ao redor de 30%. Nesse sentido, verificou-se que todos os acessos

do presente estudo estão dentro do padrão aceitável em relação a este indicador de qualidade, sendo, portanto, uma planta com potencial forrageiro.

O teor de PB variou entre 6,64 a 15,33, com média geral de 9,54%. Van Soest (1994) afirma que níveis de proteína em torno de 8% são considerados bons em termos quantitativos, pois estão na média dos valores recomendados pela literatura para ruminantes. Conforme preconizado pelo autor, os acessos de *C. procera* com teor igual ou superior a 8% são os materiais que deverão compor futuros estudos no programa de melhoramento de *C. procera* para produção de forragem.

Pesquisadores verificaram teor de proteína em *C. procera* superior ao encontrado nos 70 acessos, porém, em condições diferentes do presente estudo, ou seja, em análise realizada em folhas, com teor de 19,46% de PB (ABBAS, et al., 1992), na rebrota de plantas aos 60 dias, com teor médio de 19,44% (ANDRADE et al., 2008), em plantas adultas nos município de Santa Luzia e Patos, com teor médio de 13,61% (OLIVEIRA e SOUTO, 2009), em plantas de ocorrência natural na caatinga com escolha de 100g de folhas e ramos de, no máximo, 6mm de espessura, atingindo teor de 20,7% (CRUZ et al., 2007).

No EE obteve-se uma variação entre 1,9% a 5,68%, com média geral de 3,94% da MS. No teor de CHOT houve variação entre 23,72% a 54,46%, com média geral de 44,25% e a estimativa de CNF variou entre 10,4% a 42,15%, com média geral de 30,91%. A fração extrato etéreo é composta por substâncias solúveis em solventes orgânicos, como por exemplo, gorduras, óleos, pigmentos, entre outros, sendo o éter o solvente mais utilizado. A determinação desta fração se faz necessária devido à grande importância das gorduras e óleos, principalmente no que diz respeito ao valor energético dos alimentos para animais, já que estes são os componentes que mais fornecem energia às dietas (SILVA; QUEIROZ, 2002). Além dos óleos e gorduras, os carboidratos também fornecem energia na nutrição animal e são os principais constituintes das plantas forrageiras, correspondendo até 80% da MS das forrageiras e cereais (MOREIRA FILHO et al., 2009). O teor CHOT no presente estudo, bem como a percentagem de EE e CNF estão dentro dos padrões de referência de uma planta forrageira.

Pesquisadores constataram o potencial forrageiro de *C. procera* através da composição bromatológica, com resultados aproximados aos valores médios obtidos nos 70 acessos, porém com algumas exceções. Cruz et al. (2007) encontraram valores de 20,7%; 40,6%; 27,4%; 5,3% e 16,1% para PB, FDN, FDA, EE, MM, respectivamente. Por sua vez, Andrade et al. (2008), obtiveram os seguintes valores médios aos 60 dias de rebrota: 23,25 % de MS; 86,69 % de MO; 19,44 % de PB; 3,61 % de EE; 13,72 % de MM; 42,17 % de FDN; 28,48 % de FDA; 25,22 % de

CNF e 65,5 de CHOT. Oliveira e Souto (2009) constataram as seguintes médias em dois municípios da Paraíba: 86,27% de MO; 13,61% de PB, 13,72% de MM; 6,75% de EE, 33,31% de FDN e 20,63% de FDA. Silva et al. (2010) verificaram teor de MO (88,26%), PB (11,93%), EE (3,2%), FDN (35,51%), FDA (30,47%), CHOT (72,81%) e CNF (37,29%).

Entretanto, o presente estudo foi em condições diferentes das referidas pesquisas, ou seja, foi feito o cultivo de acessos, com corte realizado antes do início da primeira floração, na fase vegetativa da espécie, onde realizou-se a identificação dos genótipos com menor e maior qualidade de composição bromatológica, sendo uma etapa importante na escolha dos materiais para compor futuros estudos em programas de melhoramento de *C. procera* para produção de forragem.

Ressalta-se ainda que, torna-se necessário a realização de novas pesquisas com os acessos do banco de germoplasma, no sentido de avaliar outros nutrientes, bem como o teor de metabólitos secundários, pois *C. procera* é uma espécie de planta lactífera que possui efeito tóxico quando consumida *in natura*.

A análise de agrupamento dos 70 acessos de *C. procera* pelo método de Tocher, com base na distancia euclidiana média, resultou na formação de oito grupos distintos (Tabela 7). O primeiro grupo conteve 53 acessos, 75,71% dos genótipos, com valores médios de MVC, MVF, MVT, MSC, MSF, MST, MS, MO e PB inferiores as médias gerais, porém com valores médios de FDN e FDA inferior as médias gerais, sendo um atributo desejável em plantas forrageiras, pois quanto menor for o valor, maior será a digestibilidade do alimento. Porém, esses acessos não são interessantes no programa de melhoramento de *C. procera*, pois obtiveram baixas médias nas características de produção.

Tabela 7. Agrupamento dos 70 acessos de *C. procera* pelo método de Tocher.

Grupo	Acessos																							
1	46	47	34	25	45	42	43	3	33	35	27	22	38	40	36	2	23	37	14	63	4	11	16	15
	66	69	18	64	13	19	56	55	44	58	28	68	29	31	32	61	24	5	6	57	60	65	51	
	30	49	17	7	59	8																		
2	12	67	70	39	50	20	52	1																
3	9	10																						
4	21	54																						
5	62																							
6	53																							
7	26																							
8	48																							

O segundo grupo foi formado por 8 genótipos, que diferentemente do grupo 1, possuem na maioria das características valores médios superiores as médias gerais, além de teores de FDN e FDA inferiores as médias gerais, indicando ser materiais de importância para o melhoramento de *C. procera*. Já o terceiro e quarto grupos foram compostos por apenas 2 acessos (9 e 10) e (21 e 54), respectivamente. Os acessos 9 e 10 obtiveram elevado teor de PB, porém com alto teor de FDN, FDA e com médias inferiores a média geral no restante das características. O grupo 4 destacou-se com valor de PB inferior a média geral, com FDN e FDA superior a média geral, além de obter médias inferiores a média geral na maioria dos caracteres avaliados.

O acesso 62 foi agrupado no grupo 5 e obteve valores superiores a média geral nas características de produção, porém com resultado insatisfatório na composição bromatológica, porque atingiu elevado teor de FDN e baixos teores de PB, EE, CT e CNF. O grupo 6, representado pelo acesso 53 destacou-se com os valores de MVC, MVF e MVT, entretanto, obteve médias de MSC, MSF, MST e MS abaixo das médias gerais. O grupo 7 se aproxima ao perfil do grupo 3, divergindo apenas no caráter PB, pois obteve baixo teor.

E por fim, o grupo 8 contém o acesso 48, que demonstrou melhor perfil para produção de forragem em relação aos demais grupos, pois obteve médias superiores a média geral em todos os caracteres, com exceção do FDN e FDA, onde obteve menores médias. Sendo assim, os grupos 2 e 8 foram os que se destacaram com maior potencial forrageiro, sendo recomendado para compor futuros trabalhos em programas de melhoramento de *C. procera*, com potencial para a geração de novos genótipos via hibridação, entretanto, estes deverão ser submetidos a novas avaliações, desta vez em condições de campo. Caso contrário, ocorreu com os grupos 4, 5, 6 e 7, que apesar de seus valores como recurso genético, não detêm características interessantes ao programa de melhoramento de *C. procera* para produção de forragem.

Além disso, realizou-se análise de agrupamento hierárquico pelo método UPGMA e obteve-se a formação de um dendograma (Figura 11). Obteve-se um coeficiente de correlação cofenética (CCC) satisfatório (0,7844), pois esse índice indica o grau de distorção quanto à representação da similaridade entre os indivíduos em um dendograma, onde valores próximos à unidade representam baixa distorção. Conforme Rohlf (1970), CCC inferior a 0,7 indica que houve inadequação no agrupamento dos acessos, ou seja, a divergência genética real não é representada de maneira confiável no plano bidimensional. Com isso, observou-se de forma mais detalhada a dissimilaridade entre os acessos por meio de seus respectivos pontos de ligação, a partir do ponto de corte de 0,2979, conforme (MOJEMA, 1977), o que corresponde à

aproximadamente 77% da dissimilaridade total, que possibilitou a formação de cinco grupos distintos, demonstrando existir divergência genética entre os acessos de *C. procera* avaliados.

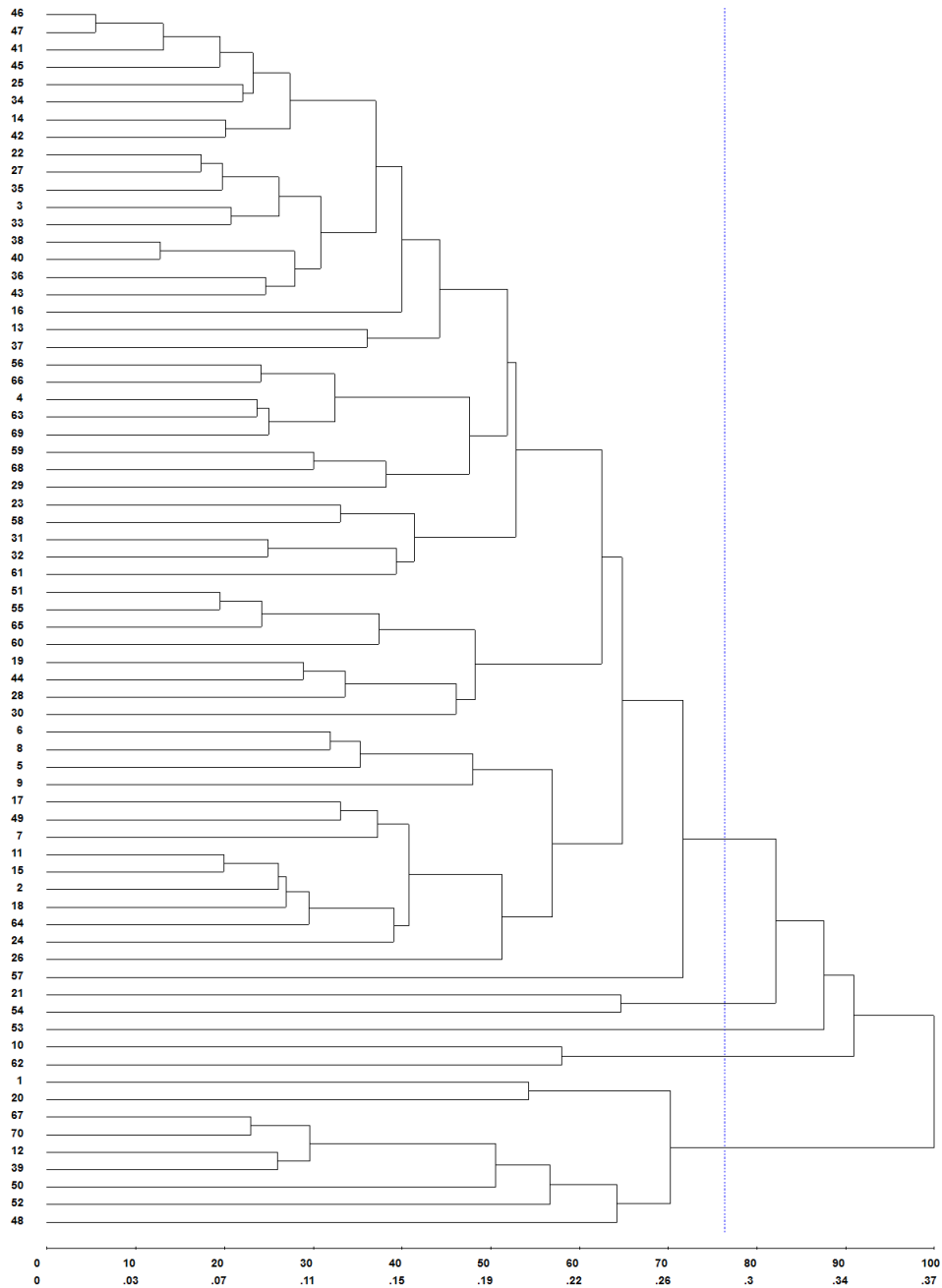


Figura 11: Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, a partir da matriz de dissimilaridade dos 70 acessos de *C. procera* com base em 15 características de produção e composição bromatológica. Coeficiente de correlação cofenética 0,7844. Linha pontilhada representa o ponto de corte com base na metodologia proposta por (MOJENA, 1977).

Yao et al. (2015) descrevem que pouco se sabe sobre a diversidade genética em *C. procera* e Barbosa et al. (2014) acrescentaram que não há estudos genéticos no Brasil, investigando a existência de diferentes genótipos no território brasileiro. Recentemente, ALMEIDA et al. (2017) realizaram estudo de diversidade com *C. procera* por meio de caracteres de germinação e vigor de sementes e obtiveram CCC próximo ao obtido no presente estudo, o que possibilitou a formação de grupos distintos. Entretanto, não foi encontrado na literatura estudos de diversidade com *C. procera* com base em componentes principais, sobretudo, com base em características da composição bromatológica, ou mesmo envolvendo outros nutrientes, sendo importante a realização de futuras pesquisas para o ampliar o conhecimento sobre o assunto.

Na análise de componentes principais observou-se que os primeiros componentes principais obedecem simultaneamente os critérios de Jolliffe ($\lambda \geq 0,7$) (JOLLIFFE, 2002), Kaiser ($\lambda \geq 1,0$) (SILVA & PADOVANI, 2006) e variância cumulativa (>60%) (HAIR et al., 2006), representando, assim, de forma satisfatória a variação total, onde explicam 74,53% da variação total dos dados, sendo 39,27% retida no primeiro, 21,95% no segundo e 13,30% no terceiro (Tabela 8), sendo, portanto, admissível a utilização dessa análise no presente estudo.

Tabela 8. Autovalores da matriz de correlação e porcentagem de explicação da variância acumulada.

Componentes	Auto Valor	Auto Valor (%)	Variância acumulada (%)
1	5.891726	39.278175	39.278175
2	3.293123	21.954156	61.232331
3	1.995725	13.304832	74.537163
4	1.078891	7.192609	81.729772
5	0.974751	6.498341	88.228112
6	0.76675	5.111665	93.339778
7	0.524734	3.49823	96.838007
8	0.267347	1.782311	98.620318
9	0.158114	1.054091	99.674409
10	0.048837	0.325581	99.999999
11	0.000001	0.000005	99.999996
12	0	0.000003	99.999998
13	0	0.000001	100
14	0	0	100
15	0	0	100

Na Figura 12, encontra-se a dispersão gráfica de escores dos 70 acessos de *C. procera* nos três primeiros componentes principais, sendo possível visualizar a formação de seis grupos

distintos, tomando como referência a concordância com os grupos formados pelos métodos de Tocher e UPGMA, indicando potencial dos caracteres em representar a diversidade genética entre os genótipos estudados.

Avaliando-se a formação desses grupos com os obtidos pelos métodos de agrupamento, observa-se uma aproximação nos resultados, onde diverge com o método de Tocher em dois grupos, ou seja, com o grupo 6 e 7 formado pelos acessos 53 e 26, respectivamente. Os resultados obtidos pelo método UPGMA são concordantes com todos os grupos, exceto com o grupo três, constituído pelo acesso 53 e com o grupo quatro, que conteve os acessos 62 e 10, em que esses genótipos ficaram em grupos diferentes pelo método de tocher e pela dispersão gráfica. Dessa forma, a formação dos grupos pelas diferentes análises, indica potencial dos caracteres de produção e composição bromatológica em representar a diversidade genética entre os genótipos estudados, onde os acessos de grupos distintos, principalmente, aqueles com menor teor de FDN, FDA e com maiores médias nas demais características podem ser explorados em cruzamentos para geração de novos genótipos com a finalidade de aumentar o potencial produtivo, bem como melhorar a qualidade da composição bromatológica.

Entretanto, os demais acessos devem ser mantidos como recursos genéticos no banco de germoplasma e avaliados em futuras pesquisas no sentido de pesquisar outros nutrientes, bem como o teor de metabólitos secundários.

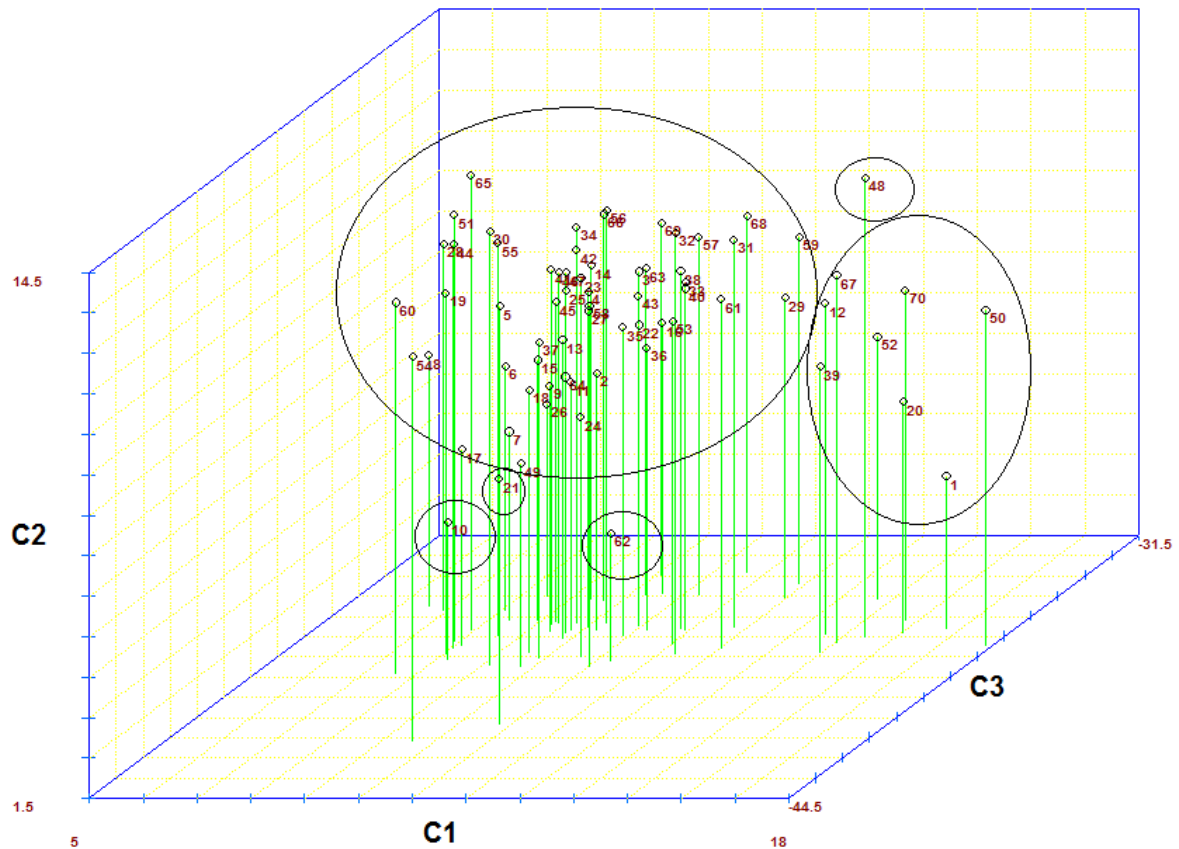


Figura 12. Dispersão gráfica de 70 acessos de *C. procerá*, baseada em escores de 15 caracteres de produção e composição bromatológica, representado pelos três primeiros componentes principais.

Na quantificação da contribuição relativa dos caracteres para a diversidade genética, utilizou-se o método proposto por (SINGH, 1981), a partir da distância euclidiana média, e obtiveram-se os valores de S_j (em que S é a medida da importância relativa da variável j) para os 15 caracteres (Tabela 9). Observa-se que todos os caracteres contribuíram para diferenciação dos 70 acessos, com exceção da FDA, sendo indicados para avaliação em futuros estudos envolvendo o potencial forrageiro de *C. procerá*. Os acessos com maiores médias nas características de produção e da composição bromatológica são de grande importância para compor futuros trabalhos em programas de melhoramento de *C. procerá*, pois são características primordiais em uma planta forrageira, sobretudo para avaliação da divergência genética entre acessos da espécie. Nesse sentido, fica evidente a possibilidade de seleção de genótipos de *C. procerá* baseado nessas características.

Ressalta-se ainda, que não foi encontrado na literatura pesquisas investigando a contribuição relativa de características quantitativas ou qualitativas para diversidade genética

com *C. procera*, o que torna-se necessária a realização de futuras pesquisas nesse sentido, ou mesmo envolvendo os acessos do presente estudo, visando investigar outras características bromatológicas, como também o teor de metabólitos secundários, como forma de otimizar o programa de melhoramento da espécie.

Tabela 9. Contribuição relativa dos 15 caracteres de produção e composição bromatológica para diversidade dos 70 acessos de *C. procera*, conforme (SINGH, 1981).

Caracteres	S.j	Valor (%)
Extrato etéreo (EE)	307.388931	10.441
Massa seca de caule (MSC)	262.573826	8.9188
Massa verde de caule (MVC)	259.625939	8.8187
Carboidratos totais (CHOT)	235.477225	7.9984
Carboidratos não fibrosos (CNF)	234.34376	7.9599
Massa seca total (MST)	232.924112	7.9117
Fibra em detergente neutro (FDN)	220.8997	7.5033
Massa verde total (MVT)	211.73786	7.1921
Massa verde da folha (MVF)	205.996509	6.997
Matéria seca (MS)	177.485801	6.0286
Massa seca da folha (MSF)	161.018309	5.4693
Proteína bruta (PB)	126.115979	4.2838
Matéria mineral (MM)	124.99795	4.2458
Matéria orgânica (MO)	124.99795	4.2458
Fibra em detergente ácido (FDA)	58.469555	1.986

4. CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre os 70 acessos de *C. procera* para características de produção de forragem e composição bromatológica;

Recomenda-se o cultivo dos acessos 48, 12, 67, 70, 39, 50, 20, 52 e 1, podendo ser utilizados para a geração de novos genótipos via hibridação, pois possuem maior potencial forrageiro;

Todas as características de produção e da composição bromatológica, com exceção da fibra em detergente ácido, contribuem para a divergência genética entre acessos de *C. procera*.

CONCLUSÃO GERAL

O estágio vegetativo de *C. procera* ocorre durante os 240 dias após a semeadura (DAS), com queda e produção de folhas contínua e o estágio reprodutivo se inicia aos 153 DAS, prosseguindo até os 222 DAS, dependendo do acesso, tornando-se constante a emissão de inflorescência nas plantas após o início da floração;

Existe variabilidade genética entre os 70 acessos de *C. procera* para caracteres agronômicos e de composição bromatológica;

Os acessos 1, 12, 20, 39, 48, 50, 57, 67 e 70 são promissores no programa de melhoramento de *C. procera*, com potencial agronômico e forrageiro, podendo ser utilizados como genitores em programas de hibridação e indicados para compor futuros estudos.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. V. B de; DUTRA, W. F.; RAMOS; J. P. C.; BRUNO, R. de L. A.; ALVES, E. U. Diversidade genética entre genótipos de *Calotropis procera* (Ait.) W. T. Aiton em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Caatinga**, edição 2017.

ABBAS, B.; EL-TAYEB.; SULLEIMAN, Y. R. *Calotropis procera*: feed potencial for arid zones. **Veterinary-Record**. v. 131, n. 6, p. 132, 1992.

ANDRADE, A.P.; SOUSA, E. S.; SILVA, D. S.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S. Produção Animal no Bioma Caatinga: Paradigmas dos 'Pulsos - Reservas'. **Revista Brasileira de Zootecnia**, João Pessoa, PB, v. 35, n. Suplemento, p. 138-155, 2006.

ANDRADE, M. V. M.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A.P.; MEDEIROS, A. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; CÂNDIDO, M. J. D.; PINTO, M. S. C. Produtividade e qualidade da flor-de-seda em diferentes densidades e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.1-8, 2008.

ANDRADE, A. D.; COSTA, R. D.; SANTOS, E. M.; SILVA, D. D. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 4, n. 4, p. 01-14, 2010.

BARBOSA, M. O.; de ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; da SILVA, S. I.; de OLIVEIRA, A. F. M. Seed oil content and fatty acid composition from different populations of *Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton (Apocynaceae). **Journal of the American Oil Chemists' Society**, New York, v. 91, n.8, p. 1433-1441, 2014.

COSTA, R. G.; de MEDEIROS, A. N.; ALVES, A. R.; de MEDEIROS, G. R. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2009.

COSTA, R. G.; SILVA, N. V. D.; AZEVEDO, P. S. D.; MEDEIROS, A. N. D.; CARVALHO, F. F. R. D.; QUEIROGA, R. D. C. R. D.; MEDEIROS, G. R. D. Meat quality of lambs fed silk flower hay (*Calotropis procera* SW) in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.6, p. 1266-1271, 2011.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, S. E. S. B. S.; BEELEN, P. M. G.; SILVA, D. S.; PEREIRA, W. E.; BEELEN, R.; BELTRÃO, F. S. Caracterização dos taninos condensados das espécies maniçoba (*Manihot pseudoglazovii*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), feijão-bravo (*Capparis flexuosa*, L) e jureminha (*Desmanthus virgatus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.1038-1044, 2007.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4. ed., Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330 p.

FALL, S.T. Digestibilité in vitro et dégradabilité in situ dans le rumen de ligneux fourragers disponibles sur pâturages naturels au Sénégal. Premier resultat. **Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux**, v.44, n.3, p.345-354, 1991.

HAIR, J. F. **Multivariate Data Analysis**. 6. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

HASSAN, L. M., GALAL, T. M., FARAHAT, E. A., & EL-MIDANY, M. M. The biology of *Calotropis procera* (Aiton) WT. **Trees**, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2015.

JOLLIFFE, I. T. **Principal Component Analysis**. 2. ed. Springer Series in Statistics. New York: Springer-Verlag New York, 2002.

LIMA, A. B; SILVA, A. M. A.; MEDEIROS, A. N; RODRIGUES, O. G; ARAÚJO, G. T.; COSTA, R. G. Estudos preliminares de *Calotropis procera* S. W. na dieta de ovino **Agropecuária Científica no Semi-árido**, n.1, p. 15-24, 2005.

LIMA, G. F. C.; AGUIAR, E. M.; PEREIRA, G. F.; MACIEL, F. C.; GUEDES, F. X.; TORRES, J. F.; SILVA, J. G. M.; SOUZA, N. A.; LIMA, C. A. C.; MEDEIROS, H. R.; GARCIA, L. R. U. C. Flor de seda: fonte de feno de qualidade para os sertões. In: _____. **Armazenamento de Forragens para Agricultura Familiar**. Natal: EMPARN, 2004. 40p.

MADRUGA, M. S.; COSTA, R. G.; SILVA, A. M.; MARQUES, A. V. M. S.; CAVALCANTI, R. N.; NARAIN, N.; LIRA FILHO, G. E. Effect of silk flower hay (*Calotropis procera* Sw) feeding on the physical and chemical quality of Longissimus dorsi muscle of Santa Inez lambs. **Meat Science**, v.78, p. 469 - 474, 2008.

MARQUES, A. V. M. S.; COSTA, R. G.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA FILHO, J. M.; LIRA FILHO, G. E.; SANTOS, N. M. Feno de flor de seda (*Calotropis procera* Sw.) em dietas de cordeiros Santa Inês: biometria e rendimento dos componentes não-constituintes da carcaça. **AGRÁRIA. Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 1, p. 85-89, 2008.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, p.359-363, 1977.

MOREIRA FILHO, E. C.; da SILVA, D. S.; de ANDRADE, A. P.; de MEDEIROS, A. N.; PARENTE, H. N. Composição química de maniçoba submetida a diferentes manejos de solo, densidades de plantio e alturas de corte. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, 2009.

OLIVEIRA, V. M.; SOUTO, J. S. Estimativa da produção de biomassa de *Calotropis procera* (Ait) R. BR. e avaliação de sua composição química no estado da Paraíba. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 141-161, 2009.

PEREIRA, G. F.; ARAÚJO, G. G. L. D.; MEDEIROS, A. N. D.; LIMA, G. F. D. C.; GRACINDO, A. P. A. C.; LIMA JÚNIOR, V. D.; CÂNDIDO, E. P. Consumo e digestibilidade do feno de flor-de-seda em dietas para cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 1, p. 79-90, 2010.

ROHLF, F. J. Adaptative hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v. 19, n. 1, p. 58-82, 1970.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, p. 253, 2002.

SILVA, N. R. da; PADOVANI, C. R. Utilização de componentes principais em experimentação agronômica. **Energ Agric Botucatu**, v. 21, n. 4, p. 98-113, 2006.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v.41, p.237-245, 1981.

SILVA, J. G. M.; da COSTA LIMA, G. F.; de AGUIAR, E. M.; de MELO, A. A. S.; RÉGO, M. M. T. Cactáceas nativas associadas a fenos de flor de seda e sabiá na alimentação de borregos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 123-129, 2010.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. **Jornal Animal Science**. v.70, p.3562-3577. 1992.

TORRES, J. F.; BRAGA, A. P.; da COSTA LIMA, G. F.; do NASCIMENTO RANGEL, A. H.; de LIMA JÚNIOR, D. M.; do VALE MACIEL, M.; OLIVEIRA, S. E. O. Utilização do feno de flor-de-seda (*Calotropis procera* Ait. R. Br) na alimentação de ovinos. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 42-50, 2010.

VAN SOEST, PETER J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ney York: Cornell University Press, 1994. 476p.

YAO, D. A. R. A.; SPRYCHA, Y.; POREMBSKI, S.; HORN, R. AFLP assessment of the genetic diversity of *Calotropis procera* (Apocynaceae) in the West Africa region (Benin). **Genetic Resources and Crop Evolution**, Heidelberg, v. 62, n. 6, p. 863-878, 2015.