

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO CÂMPUS RIO VERDE – GO
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ANÁLISES FÍSICAS DE SUBSTRATOS E SUA UTILIZAÇÃO
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-
CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz.)

Autor: Paulo Dornelles
Orientador: Fabiano Guimarães Silva

Rio Verde – GO
setembro- 2012

ANÁLISES FÍSICAS DE SUBSTRATOS E SUA UTILIZAÇÃO
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-
CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz.)

Autor: Paulo Dornelles
Orientador: Fabiano Guimarães Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Câmpus Rio Verde - Área de concentração Ciências Agrárias

Rio Verde – GO
setembro- 2012

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO CÂMPUS RIO VERDE – GO
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ANÁLISES FÍSICAS DE SUBSTRATOS E SUA UTILIZAÇÃO
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-
CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz)

Autor: Paulo Dornelles
Orientador: Dr. Fabiano Guimarães Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Área de concentração
Ciências Agrárias – Ciências Agrárias

APROVADA em 28 de setembro de 2012.

Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis
Avaliador externo
UFG-JATAÍ

Prof. Dr. João das Graças Santana
Avaliador interno
IFGoiano/RV

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva
Presidente da banca
IFGoiano/RV

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por permitir a existência da vida.

Ao Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde, minha casa, pela permissão do curso.

Ao Professor Dr. Fabiano Guimarães Silva, meu orientador, que desde o princípio estive ao meu lado.

Ao meu irmão Dr. Milton Sérgio, primeiro mentor desta realização.

Ao Dr. Clenilso Sehnem Mota, pelas muitas horas de dedicação para a conclusão deste trabalho, como coorientador.

Ao Professor Dr. Eduardo da Costa Severiano, que muito colaborou nas atividades do Laboratório de Física do Solo e como coorientador.

Às Dr.^{as} Flávia, Juliana, Marialva e Alessandra, com as contribuições concedidas.

Aos meus avaliadores, Edésio Fialho dos Reis e João das Graças Santana, que não mediram esforços para contribuir no enriquecimento do meu trabalho.

Ao amigo e colega Wainer Gomes Gonçalves, sempre disponível nas informações.

Ao amigo Aurélio Rubio Neto, pelas colaborações diversas.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação e funcionários do IF Goiano, que com seus esforços foi possível estar aqui hoje.

À minha esposa Lucimar e meus filhos Heloísa e Lucas, que souberam entender a ausência em muitos momentos devido às atividades do curso.

Aos colegas do curso Cíntia, Henrique, Karen, Layara, José Fausto, José Flávio, Marilusa e Wainer, que foram promovedores de motivação e superação.

SINCEROS AGRADECIMENTOS

BIOGRAFIA DO AUTOR

Paulo Dornelles, filho de Luiz Dornelles e Gercir Dornelles, nasceu em Erechim, Estado do Rio Grande do Sul, em 04 de fevereiro de 1964.

É casado com Lucimar Rodighiero e tem dois filhos, Heloísa R. Dornelles e Lucas R. Dornelles.

Em 1990, concluiu o curso de Técnico em Agropecuária, concedido pela Escola Agrotécnica Federal, atual Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

Em 1995, foi aprovado em concurso público na Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde, atual Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

Em 1999, recebeu grau de Licenciatura em Ciências Biológicas, conferido pela Universidade de Rio Verde.

Em 2002, concluiu a especialização em Biologia Geral pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) - MG.

Em 2012, concluiu o Mestrado em Ciências Agrárias pelo Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde-GO.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1.INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1. O Cerrado.....	1
1.2. Fruteiras nativas.....	3
1.3. O <i>Anacardium othonianum</i>	3
1.4. Substratos.....	6
1.4.1. Vermiculita	7
1.4.2. Casca de arroz.....	7
1.4.3. Bagaço de cana	8
1.4.4. Esterco bovino	8
1.4.5. Matéria orgânica	8
1.4.6. Subsolo.....	9
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
OBJETIVO GERAL	13

CAPITULO 2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz).....	14
2.1. INTRODUÇÃO	16
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
2.4. CONCLUSÕES	26
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

CAPITULO 3. PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (<i>Anacardium othonianum</i> RIZZ.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS	29
3.1. INTRODUÇÃO	31
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.4. CONCLUSÕES	41
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CONCLUSÕES GERAIS.....	44

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1 - Relação dos substratos utilizados na caracterização física.....	18
Tabela 2.2 - Densidade de partículas (DP), seca (DS) e úmida (DU) em diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.....	20
Tabela 2.3 - Água disponível (AD) e remanescente (AR), espaço de aeração (AE) e porosidade total (PT) em diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.	22
Tabela 2.4 - Matriz de correlação linear de Pearson para as características de densidade seca (DS) e úmida (DU), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA) água disponível (AD) e remanescentes (AR) nos diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.....	23
Tabela 2.5 - Distribuição de partículas(em gramas) em diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.)	24
Tabela 2.6 - Matriz de correlação linear de Pearson para as características de granulometria e porosidade total (PT), espaço de aeração (EA) água disponível (AD) e remanescente (AR) nos diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.	25
Tabela 3.1 - Percentual de plântulas emergidas (PPE) e viáveis (PPV) e índice de velocidade de emergência (IVE) em caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz) em função de diferentes substratos.	35
Tabela 3.2 - Água disponível (AD) e porosidade total (PT) dos substratos utilizados para a produção de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz).....	36

- Tabela 3.3** - Comprimento de caule (CC), diâmetro do coleto (DC), relação entre CC e DC (CCDC) e número de folhas em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em diferentes dias após a semeadura (DAS)..... 37
- Tabela 3.4** - Comprimento de caule (CC), diâmetro do coleto (DC) número de folhas (NF) e área foliar (AF) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função de diferentes substratos aos 89 dias, após a semeadura. 38
- Tabela 3.5** - Massa seca de folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) em plantas de caju-de-árvore-de-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função de diferentes substratos..... 38
- Tabela 3.6** - Relação entre raiz e parte aérea (RPA), relação entre comprimento do caule e diâmetro do coleto (CCDC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em plantas de caju-de-árvore-de-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função de diferentes substratos. 39
- Tabela 3.7** - Concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum*Rizz.) em função de diferentes substratos. 40
- Tabela 3.8** - Concentração foliar de boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) em caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum*Rizz.) em função de diferentes substratos..... 40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Aspecto visual de uma planta adulta, folhas, fruto jovem, flores e ramo com inflorescência e fruto jovem de <i>A. othonianum</i> Rizz. Foto: Clenilso Sehnem Mota.....	5
Figura 1.2. Variabilidade da coloração e forma do pseudofruto de <i>A. othonianum</i> Rizz. Frutos oriundos de plantas diferentes com mesmo grau de maturação (A), (B), (C), (D). Barra= 20 mm. Foto: Kerley Cristina de Assis.....	6
Figura 2.1. Detalhes dos substratos analisados e sua disposição em tubetes de 288 cm ³ : A e H - BioPlant [®] ; B e I – Mecplant [®] mais casca de arroz carbonizada (7:3); C e J – Vermiculita de granulometria fina; D e K – Vermiculita de granulometria fina mais casca de arroz carbonizada (3:1); E e L – Vermiculita de granulometria fina mais casca de arroz carbonizada (1:1); F e M – Vermiculita de granulometria fina mais casca de arroz carbonizada (1:3); F e N – Bagaço de cana de açúcar mais torta de filtro de usina de cana de açúcar (3:2).....	19
Figura 3.1 – Visão geral do experimento em que se testou substratos para a produção de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz). Foto: Paulo Dornelles.....	36
Figura 3.2 – Plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz) em diferentes estádios de desenvolvimento. Foto: Paulo Dornelles.....	37

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

AD.....	Água disponível
AF.....	Área foliar
BC.....	Bagaço de cana-de-açúcar
CAC.....	Casca de arroz carbonizada
CC.....	Comprimento do caule
CCDC.....	Relação entre comprimento do caule e diâmetro do coleto
CTC.....	Capacidade de troca de cátions
DAS.....	Dias após a semeadura
DC.....	Diâmetro do coleto
DP.....	Densidade de partícula
DS.....	Densidade seca
DU.....	Densidade úmida
DV.....	Densidade de volume
EA.....	Espaço de aeração
IQD.....	Índice de qualidade de Dickson
IVE.....	Índice de velocidade de emergência
kPa.....	Quilo Pascal
MS.....	Massa seca
MSC.....	Massa seca do caule
MSF.....	Massa seca de folha
MSR.....	Massa seca de raiz
MST.....	Massa seca total
NF.....	Número de folhas
pH.....	Potencial de hidrogênio
PPE.....	Percentual de plantas emergidas
PPV.....	Percentual de plantas viáveis
PT.....	Porosidade total
RPA.....	Relação raiz parte aérea
TF.....	Torta de filtro de usina de açúcar
VGF.....	Vermiculita de granulometria fina

RESUMO

O caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz) é uma espécie típica do cerrado que além dos frutos (castanha) e pseudofrutos, possui as folhas e cascas que servem à área farmacêutica. Atualmente restam pequenos maciços de vegetação nativa do cerrado, de forma esparsa, tornando assim, necessário a produção de mudas visando a reposição destas espécies. Também dando importância ao aproveitamento de matérias-primas regional que estão facilmente à disposição e com regularidade para o uso como componentes de substratos, sendo materiais de fontes renováveis e baratas, refletindo nos valores do produto final. O substrato no processo de formação de mudas é o substituto do solo, devendo oferecer as condições físicas e químicas ideais à germinação e ao desenvolvimento da muda. As propriedades físicas são consideradas as mais importantes, por não permitir alterações após o estabelecimento do substrato no recipiente. A densidade, porosidade, água disponível e a granulometria em conjunto sendo bem definidas oferecerão as quantidades de água e oxigênio à planta, proporcionando o bom desenvolvimento da muda. Assim, o objetivo do primeiro experimento foi avaliar as características físicas de densidades úmida (DU), seca (DS), e de partícula (DP), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD), água remanescente (AR) e granulometria dos seguintes substratos: Bioplant[®], Mecplant[®]+casca de arroz carbonizada (CAC) (7:3); vermiculita de granulometria fina (VGF); VGF+CAC (3:1); VGF+CAC (1:1); VGF+CAC (1:3) e Bagaço de cana-de-açúcar (BC) + torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (TF) (3:2). A DP foi maior nos substratos Bioplant[®] e BC+TF (3:2) e os menores nas combinações VGF+CAC. Os maiores valores de DS e DU ocorreram no Bioplant[®] e os menores em

VGF +CAC (1:3). Bioplant[®] apresentou maior AD, com média de $0,24 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, estando na faixa de $0,20$ a $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, os demais tiveram resultados inferiores. Bioplant[®], BC+TF (3:2) e VGF+CAC (1:1) apresentaram AR dentro da faixa sugerida para substratos. BC+TF (3:2) teve EA de $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ valor bem abaixo dos sugeridos, enquanto os demais tiveram valores entre $0,21$ e $0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. A PT variou de $0,48$ a $0,77 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para VGF+CAC (1:3) e VGF, respectivamente, os demais permaneceram dentro deste intervalo. Bioplant[®] e BC+TF (3:2) tiveram a melhor distribuição de partículas entre as malhas de $0,125 - 0,59 - 1,00 - 2,00$ e $3,35 \text{ mm}$. Estes resultados demonstraram aos substratos capacidade de serem utilizados na produção de mudas. O segundo experimento foi realizado visando avaliar o crescimento e nutrição das mudas. O objetivo do segundo experimento foi avaliar o efeito dos diferentes substratos no crescimento, nutrição e qualidade das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado. O experimento foi realizado na casa de vegetação, sendo utilizados tubetes de 288 cm^3 , irrigação de uma lâmina de água de 12 mm por dia e uma irradiação de 15% . A emergência foi avaliada a cada dois dias a partir da primeira plântula emergida. Aos 39, 64 e 89 dias após a semeadura (DAS), avaliou-se o crescimento das mudas, comprimento do caule (CC), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF). O acúmulo de massas secas, índices de qualidade e concentração foliar de nutrientes, foi avaliado aos 89 DAS. As plantas apresentaram melhor incremento no crescimento entre os 39 e 64 DAS. Os substratos Bioplant[®], Mecplant[®]+CAC (7:3), BC+TF (3:2) destacaram-se aos demais quanto ao crescimento e acúmulo de nutrientes, sendo esta última característica que definiu os resultados finais, destacando BC+TF (3:2) seguido por Mecplant[®]+CAC (7:3) e Bioplant[®].

Palavras-chave: qualidade de mudas, bagaço de cana-de-açúcar; casca de arroz; propriedades físicas de substrato.

ABSTRACT

The cashew-tree-of-the-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz) is a typical species of the Brazilian savannah that besides its fruit (nuts) and cashew it has leaves and bark that are used by the pharmaceutical area. Currently there small amounts of native vegetation in the Cerrado, so sparse, that make necessary the production of seedlings to replace these species. Also giving importance to the use of regional raw materials that are readily and regularly available for use as substrates components. These are materials of inexpensive and renewable source which reflects in the end product values. The substrate in the process of formation of seedlings is the soil replacement and should provide the physical and chemical conditions ideal for germination and seedling development. The physical properties are considered most important for not allow changes after the establishment of the substrate in the container. The density, porosity, water availability and particle size together being well-defined will offer the ideal amounts of water and oxygen to the plant, allowing the good development of seedlings. The objective of the first experiment was to evaluate the physical characteristics of wet (WD), dry (DD) and particle (PD) densities, total porosity (TP), aeration space (AE), available water (AW) remaining water (RA) and particle size of the following substrates: Bioplant[®]; 2 - Mecplant[®] + carbonized rind of rice (CRR) (7:3); 3 – small size vermiculite (SSV); 4 - SSV + CRR (3:1); 5 - SSV + CRR (1:1); 6 - SSV + CRR (1:3) and 7 - sugar cane bagasse (SCB) + filter cake plant sugarcane (FC) (3:2). The WD was higher in the Bioplant[®] and SBC+FC (3:2) substrates and the lowest values in the combinations of SSV + CRR. The highest DD and PD occurred in Bioplant[®] and lower values occurred with SSV + CRR (1:3). Bioplant[®] was the one who had the

highest AW with average values of $0.24 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ within 0.20 to $0.40 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, the others had inferior results. Bioplant[®], SCB + FC (3:2) and SSV + CRR (1:1) showed RA within the recommended range for substrates. SCB + FC (3:2) had AE of $0.12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a value well below the ideal, while the others had values between 0.21 and $0.35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. TP ranged from 0.48 to $0.77 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ for SSV + CRR (1:3) and SSV, respectively, the others remained within this range. Bioplant[®] and SCB + FC (3:2) had the best particle distribution between the meshes from 0.125 , 0.59 , 1.00 , 2.00 and 3.35 mm . These results demonstrate the capacity of substrates for use in the seedlings production. The second experiment was carried out to evaluate the growth and nutrition of seedlings. The objective was to evaluate the effect of different substrates on the growth, nutrition and quality of the seedlings of cashew-tree-of-the-cerrado. The experiment was conducted in a greenhouse being used tubes of 288cm^3 , irrigation from a water depth of 12mm per day and an irradiance of 15% . The emergency was evaluated every two days from the first seedling emergence. At 39 , 64 and 89 days after seeding (DAS) evaluated the length (SL) and diameter stem (DS) and leaf number (LN). The accumulation of dry weight, quality indices and leaf nutrients concentration were evaluated at 89 DAS. The plants showed better increment in the growth between 39 and 64 DAS. The substrates Bioplant[®], Mecplant[®] + CRR (7:3), SCB + FC (3:2) stood out among the others for growth and nutrient accumulation, being the latter characteristic the one that defined the final results, highlighting SCB + FC (3:2) followed by Mecplant[®] + CRR (7:3) and Bioplant[®].

Key words: quality of seedlings, sugar cane bagasse, rice rind, physical properties of the substrate.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. O Cerrado

O Cerrado é o segundo maior Bioma Brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia. Ocupa 20% do território nacional, aproximadamente dois milhões de km², atingindo áreas de diversos Estados da Federação, como Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Piauí, Rondônia e Distrito Federal (FALEIRO & FARIAS NETO, 2008). O termo cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) situado na região central do Brasil (GOMES et al., 2004). O Bioma além de muito vasto possui uma heterogeneidade vegetal muito grande (MARIMON JUNIOR & HARIDASAN, 2005).

É considerado a mais diversificada savana do mundo, por causa de seu índice de biodiversidade, com cerca de 12 mil espécies vegetais catalogadas. Sua fauna também é numerosa, comportando 1020 espécies de aves, 197 de mamíferos, 202 espécies de répteis e 150 de anfíbios. Considerado o berço das águas, por abrigar a maioria das nascentes dos rios das principais bacias hidrográficas brasileiras como Parnaíba, Paraná, Paraguai, Tocantins-Araguaia, São Francisco e Amazônica (MMA, 2002).

Além da exuberância de espécies, elevada porcentagem dessas são estritamente encontradas dentro deste espaço, constituindo espécies endêmicas do cerrado, valorizando ainda mais o Bioma (GOMES et al., 2004). Tendo uma supremacia em número de plantas vasculares sobre a maioria dos Biomas do mundo. Sua vegetação é

de porte pouco avantajado, estando presentes plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós, nesse sentido, confirma-se a mais diversificada savana tropical do mundo. Também é grande a diversidade de habitats e alternância de espécies. Por exemplo, um inventário florístico revelou que das 914 espécies de árvores e arbustos registradas em 315 localidades de cerrado, somente 300 espécies ocorrem em mais do que oito localidades, e 614 espécies foram encontradas em apenas uma localidade (RATTER et al., 2003).

As formações vegetais são os reflexos do clima tropical da região, que alterna duas estações bem definidas, uma com estiagem pronunciada de maio a setembro e outra chuvosa de outubro a abril. Neste período é comum ocorrer os chamados veranicos, que são períodos secos principalmente nos meses de janeiro e fevereiro. O solo da região se caracteriza por ser profundo, com baixa fertilidade, pH ácido e elevado teor de alumínio, em que as plantas estão adaptadas (BERNARDI et al., 2003).

Antes da ocupação por parte do homem com o intuito de desbravamento, a predominância da vegetação era o cerrado *sensu stricto* com 65% da área, enquanto o cerrado ocupava apenas 1%. O restante da área (34%) era formado por outros tipos fitofisionômicos diferentes como campos cerrados, sujos, limpos e matas de galeria (MARIMON JUNIOR & HARIDASAN, 2005). Mesmo com toda a riqueza de biodiversidade o cerrado foi menosprezado, sofrendo a partir dos anos 1960 um intenso processo de antropização, e em pouco mais de cinco décadas viu sua vegetação natural ser diminuída em aproximadamente 50%, ou seja, 1 milhão de km², sendo convertido em imensas áreas de pastagens cultivadas e agricultura mecanizada, além da urbanização (SANO et al., 2010).

É comum encontrar frutas nativas do cerrado sendo oferecidas em feiras da região e nas margens de rodovias, a preços competitivos que alcançam grande aceitação popular. É notável a existência de mercado potencial e emergente para estas frutas, porém a maneira como ocorre a exploração por parte de agricultores e exploradores deve ser melhorada, uma vez que a grande maioria da produção é de origem extrativista e predatória (SILVA et al., 2001).

1.2. Fruteiras nativas

Atualmente, mais de 50 espécies de frutíferas nativas dos cerrados são conhecidas e exploradas pela população da região. Entre outros atributos seus frutos apresentam sabores *sui generis* e elevados teores de açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais podendo ser consumidos *in natura* ou processados na forma de sucos, licores, sorvetes, geleias, farinhas, doces etc (VIEIRA et al., 2006).

O consumo destas frutas faz parte da consagrada cultura criada pelos índios em utilizá-las, e posteriormente foi adotada pelas populações seguintes. Através do consumo e do desenvolvimento de técnicas de beneficiamento dessas frutas, foi possível a elaboração de verdadeiros tesouros culinários regionais, tais como licores, doces, geleias, mingaus, bolos, sucos, sorvetes e aperitivos. Percebe-se o interesse por essas frutas por diversos segmentos da sociedade, que cada vez mais buscam produtos naturais isentos de contaminantes, além de alternativas para alimentação e sabores exóticos, entre os quais se destacam agricultores, indústrias, donas-de-casa, comerciantes, instituições de pesquisa e assistência técnica, cooperativas, universidades, órgãos de saúde e de alimentação, entre outros (VIEIRA et al., 2006).

1.3. O *Anacardium othonianum*

A família Anacardiaceae compreende cerca de 60 a 74 gêneros e 400 a 600 espécies de árvores e arbustos. No gênero *Anacardium*, 21 espécies foram descritas pela taxonomia tipológica, sendo 18 encontradas no Brasil (PAIVA et al., 2003). Todas as espécies do gênero possuem grande potencial econômico, alimentar e medicinal. O *Anacardium othonianum* Rizz, destacando pela popularidade e importância econômica para região do Cerrado. Com boa produtividade desperta o interesse em propagá-lo principalmente por meio de sementes (BARROS, 1995; CAVALCANTI JÚNIOR & CHAVES, 2001; SILVA et al., 2001).

De acordo com a classificação de Rizzini (JOLY, 1993), o *Anacardium othonianum* tem a seguinte posição sistemática:

Divisão: Magnoliophyta;

Classe: Magnoliopsida;

Ordem: Sapindales;

Família: Anacardiaceae;

Gênero: *Anacardium*;

Espécie: *Anacardium othonianum*.

Dentre o universo das espécies e mais especificamente fazendo parte do grupo das frutíferas do Cerrado, encontra-se o caju-de-árvore-do-cerrado (*A. othonianum* Rizz.). Este se destaca pela importância econômica que proporciona a região em que se encontra. A espécie também é conhecida popularmente como, cajuzinho e/ou cajuí, distinguindo das demais espécies existentes no gênero, pelo porte arbóreo. É uma planta que possui altura e diâmetro de copa de 3 a 4 metros. Está totalmente adaptada às condições adversas do ambiente “cerrado” como os períodos de secas e os solos pobres, com pH entre 4,5 - 6,5. As folhas são elípticas, coriáceas, glabras, com base subcordata e pecíolos medindo 4-8 mm. As flores são reunidas em panículas amplas, as brácteas são foliosas, pilosas e as pétalas estreitas, alongadas e avermelhadas. As flores são hermafroditas e unissexuais (masculinas), sendo que as masculinas aparecem no início da floração e as hermafroditas no final (Figura 1). As flores são polinizadas por espécies de abelhas e vespas e o florescimento ocorre entre junho e outubro (SILVA et al., 2001; LIMA et al., 2002).

Os pseudofrutos possuem de 2 a 4 cm de comprimento por 2 a 3 cm de diâmetro, com massa variando de 5 a 12 g; contém elevado valor nutritivo, relacionado principalmente ao alto teor de vitamina C. Também é fonte de fibras, rico em compostos fenólicos, em especial taninos, conferindo adstringência ao pedúnculo (SILVA et al., 2001; PAIVA et al., 2003; LIMA et al., 2004). É atribuído ao pseudofruto qualidades como, muito saboroso, ácido e refrigerante, é ainda considerado antissifilítico (SILVA et al., 2001).

A castanha, fruto verdadeiro, é um aquênio, cujo pedúnculo se desenvolve, formando um pseudofruto, este possui forma de pera e a coloração variada entre o amarelo e vermelho (Figura 2). As plantas produzem 200 a 600 frutos, sendo colhidos entre setembro e outubro a partir do segundo ou terceiro ano de vida da planta. Entretanto, foi observado que nas coletas a campo, é uma produção bastante heterogênea havendo anos de maior produtividade e outros com menor.



Figura 1.1. Aspecto visual de uma planta adulta, folhas, fruto jovem, flores e ramo com inflorescência e fruto jovem de *A. othonianum* Rizz. Foto: Clenilso Sehnen Mota.

Segundo trabalhos realizados por Silva et al, (2008), referentes aos valores nutricionais de frutos das espécies nativas do cerrado em 100 g de pseudofruto de *A. othonianum* Rizz. foram verificados: 1,18 g de proteína, 0,63 g de lipídios, 6,97 g de carboidratos, 4,26 g de fibra alimentar, 0,33 g de resíduo mineral fixo e valor energético total de 38,27 kcal. A composição mineral em 100 g foi de 15 mg de cálcio, 0,65 mg de zinco e 0,26 mg de ferro. Já em 100g de castanha (SILVA et al., 2001) encontrou: valor energético de 556 Kcal, 37,92 g de glicídios, 17,89 g de proteínas, 37 g de lipídios, 24 mg de Ca, 580 mg de P, 1,80 mg de Fe, 850 mcg de vit. B1, 320 mcg de vit. B2, e 5,0 mcg de vit. C, e 2,1 mcg de Niacina.



Figura 1.2. Variabilidade da coloração e forma do pseudofruto de *A. othonianum* Rizz. Frutos oriundos de plantas diferentes com mesmo grau de maturação. Foto: Kerlley Cristina de Assis.

O pseudofruto de *A. othonianum* Rizz. é consumido *in natura* ou processado, e a polpa usada para fazer sucos, licores, doces, geleias, rapaduras, produtos cristalizados e aguardentes. A castanha também é consumida após ser torrada podendo ser consumida na forma de paçoca doce ou salgada (LIMA et al., 2004).

1.4. Substratos

A principal função do substrato é sustentar a planta e fornecer nutrientes. O substrato é composto de uma fase sólida, constituída de partículas minerais e orgânicas; uma líquida constituída pela água, na qual se encontram os nutrientes sendo denominada solução do substrato; e uma gasosa, constituída pelo ar. O substrato deve apresentar boas características físicas e químicas; as físicas são consideradas mais importantes, uma vez que a parte química pode ser mais facilmente manuseada (FERRAZ et al 2005). Assim, o substrato não deve se apresentar muito compacto, pois isso diminui a sua aeração, prejudicando o desenvolvimento das raízes, bem como a nutrição das mudas (CUNHA et al., 2006). A presença de substâncias orgânicas também tem seu papel de destaque, uma vez que estas melhoram a agregação, aumentam a capacidade de troca catiônica e aumentam a capacidade de retenção de água, espaço de aeração e a porosidade regulando com isto as relações hídricas (JABUR & MARTINS, 2002; LACERDA, et al. , 2006). Além disso, deve ser isento de fitopatógenos e ervas daninha, também é necessário estar disponível no mercado a preços compatíveis (DANTAS et al., 2009).

Na produção de mudas, os substratos utilizados podem ser divididos quanto à origem, em orgânicos e inorgânicos. Os de origem orgânica são húmus, casca de arroz carbonizada, casca de pinus, bagaço de cana, turfas, xaxim, fibra de coco, entre outros encontrados localmente, como cama de frango, torta de filtro de usina e esterco suíno. Os de origem inorgânica são vermiculita, areia de rio, lã de rocha e espuma fenólica (MULA, 2011). A seguir são descritos alguns substratos.

1.4.1. Vermiculita

A vermiculita é um mineral, de estrutura variável, muito leve, constituído de lâminas ou camadas justapostas em tetraedros de sílica e octaedros de ferro e magnésio. Por ter estas características necessita de um balanceamento de nutrientes essenciais, por meio de adubações periódicas, encarecendo o processo. Este substrato é livre de microrganismos patogênicos. Quando utilizado deve ser puro na fase inicial de enraizamento de estacas ou em misturas diversas para promover maior aeração e porosidade a outros substratos menos porosos. A vermiculita pode ser encontrada em diferentes granulometrias, fina, média e grossa, tem grande espaço de aeração, alta CTC e capacidade de retenção de água, deixando disponível para a planta. A vermiculita tem a desvantagem de não conseguir formar um torrão consistente com o sistema radicular, sendo necessário manter a muda no tubete até o momento do plantio no campo (SCHORN, 2003).

1.4.2. Casca de arroz

As cascas de arroz têm baixa densidade e peso específico, além de lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longos períodos de tempo (HOPPE et al., 2004). Podendo ser utilizada pura ou em mistura com outros materiais. Entre as opções de uso deste componente/substrato, a sua utilização na propagação vegetativa de mudas é considerada um caso de sucesso como também na produção de diversas espécies de plantas florestais, frutíferas, hortícolas e ornamentais por aumentar a porosidade e a drenagem (WENDLING & GATTO, 2002).

A utilização da casca de arroz carbonizada é considerada viável como substrato para germinação de sementes e enraizamento de estacas, por apresentar características que permitem a penetração e a troca de ar na base das raízes. Além disso, é suficientemente firme e densa para fixar a semente ou estaca; tem coloração escura, é leve e porosa permitindo boa aeração e drenagem; tem volume constante seja seca ou úmida; é livre de plantas daninhas, nematoides e patógenos; não necessita de tratamento químico para esterilização, em razão de ter sido esterilizada com a carbonização (MULA, 2011).

1.4.3. Bagaço de cana

Poucos trabalhos são conduzidos para verificar a qualidade de mudas florestais cujo componente/substrato para produção tenha sido o bagaço de cana. No entanto, este material pode ser utilizado na produção de composto orgânico (SILVA et al, 2002) que servirá de mistura para compor substratos para produção de mudas.

1.4.4. Esterco bovino

Os estercos são os adubos orgânicos mais comuns e utilizados em misturas de substratos para mudas, sendo fontes de nutrientes, contribuí na melhoria das condições físicas, químicas e biológicas, sendo o esterco bovino o mais utilizado e proporcionando resultados satisfatórios no cultivo de mudas de espécies florestais (CARVALHO FILHO et al., 2004).

1.4.5. Matéria orgânica

Segundo Lima et al., (2006) a matéria orgânica melhora as qualidades físicas do solo, agregando os solos arenosos; aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes, contribuindo para a redução da densidade, elevação da porosidade do substrato (GUERRINI & TRIGUEIRO 2004). A matéria orgânica facilita o arejamento

realiza a estabilização dos agregados do solo e reduz o efeito da erosão pela chuva além de elevar a capacidade de retenção da água (SILVA et al., 2002). Negreiros et al. (2004) e Lima R. et al., (2006) constataam que existem diversos materiais orgânicos como os estercoos que possuem potencial de utilização em misturas em solo, vermiculita ou outros, que melhoram as características físicas como drenagem, a densidade, disponibilidade de água, fornecer alguns nutrientes e colaborar no desenvolvimento do sistema radicular com consequente desenvolvimento da muda. Cunha et al., (2005) consideram que os resíduos orgânicos são boa opção na composição de substratos, substituindo total ou em partes a adubação química, porque a maioria possuem composição nutricional capaz de promover o bom desenvolvimento das mudas, entre estes materiais se encontram o bagaço de cana, tortas, lixo e esgoto urbano.

1.4.6. Subsolo

O solo deve apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis ao desenvolvimento das mudas, pois, além de ser o próprio suporte, é também fonte de minerais, água e ar, que são fatores essenciais aos seres vivos. As propriedades físicas, durante o processo de produção de mudas, são consideradas importantes, sendo responsáveis pela maior ou menor predisposição à compactação, que por sua vez afeta a aeração do solo e a disponibilidade de água. Essa última é fator essencial para o bom desenvolvimento das plantas, a água é responsável pelo movimento dos nutrientes, que são absorvidos pelas plantas.

Deve-se dar preferência aos solos areno-argilosos, que apresentam boa agregação, permitem boa drenagem da água, não dificultam o desenvolvimento das raízes, possuem boa capacidade de reter umidade e têm coesão necessária para a agregação ao sistema radicular. Este tipo de solo, além das vantagens mencionadas, propicia condições para que não haja desintegração do bloco, que acompanha a muda, por ocasião da retirada da embalagem para o plantio (GOMES & PAIVA, 2004).

1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.; FREITAS, P.L.; COELHO, M.R.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P.; OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, H.G.; MADARI, B.E.; CARVALHO, M.C.S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 22p.

CARVALHO FILHO, J.L.S.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; BLANK, A.F. Produção de mudas de angelim (*Andira fraxinifolia* Benth.) em diferentes ambientes, recipientes e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, p.61-67, 2004.

CAVALCANTI JÚNIOR, A.T.; CHAVES, J.C.M. **Produção de mudas de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001, 43p.

CUNHA, A.O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, J.A.L.; SOUZA, V.C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade de mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

CUNHA, A.M.; CUNHA, G.M.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, G.M.; AMARAL, J.F.T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acaciasp*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, p.207-214, 2006.

DANTAS, B.F.; LOPES, A.P.; SILVA, F.F.S.; LÚCIO, A.A.; BATISTA, P.F.; PIRES, M.M.M.L.; ARAGÃO, C.A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, p.413-423, 2009.

FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. **Savanas: desafio e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 1198p.

FERRAZ, M.V.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.2, p. 209-214, 2005.

GOMES, B.Z.; MARTINS, F.R.; TAMASHIRO, J.Y. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícola num fragmento da International Paper do Brasil Ltda. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.2, p.249-262, 2004.

GOMES, J.M., PAIVA, H.N. **Viveiros florestais** (propagação sexuada) Editora UFV, Viçosa, 2004, 116p.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28 p.1069-1076, 2004.

HOPPE, J. M., GENRO, C.J.M.; VARGAS, C.O.; FLORIANO, E.P.; REIS, E.R.; FORTES, F.O.; MÜLER, I.; FARIAS, J.A.; CALEGARI, L.; DACOSTA, L.P.E. **Produção de sementes e mudas florestais**. Ed. 2, Santa Maria: PPGEF, UFSM, 2004. 388p. Caderno didático.

JABUR, M.A.; MARTINS, A.B.G. Influência de substratos na formação dos porta-enxertos: limoeiro-cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e tangerineira-cleópatra (*Citrus Reshni* Hort. Ex Tanaka) em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n]2, p.514-518, 2002.

JOLY, A.B. **Botânica introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Ed. Nacional, 1993, 777p.

LACERDA, M.R.B.; PASSOS, M.A.A.; RODRIGUES, J.J.V.; BARRETO, L.P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduos de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.163-170, 2006.

LIMA, A.C.; GARCIA, N.H.P.; LIMA, J.R. **Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju**. Boletim CEPPA, Campinas, v. 22, p.133-144, 2004.

LIMA, A.A.C.; OLIVEIRA, F.N.S.; AQUINO, A.R.L. Solos. In: BARROS, L.M. (ed.). **Caju. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.26-31, 2002.

LIMA, R.L.S.; SIQUEIRA, D.L.; WEBER, O.B.; CECOM, P.R. Teores de macronutrientes em mudas de aceroleira (*Malpighiae marginata* DC.) em função da composição do substrato. **Ciências agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1110-1115, 2006.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SILVA, M.I.L.; JERÔNIMO, J.F.; VALE, L.S.; BELTRÃO, N.E.M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência agrotecnológica**, Lavras, v.30, n.3, p.474-479, 2006.

MARIMON JUNIOR, B.H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta botânica brasileira**, Feira de Santana, v.19, p.913-926, 2005.

MMA/SBF. **Biodiversidade brasileira: Avaliação e identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA-SBF, 2002. 300p.

MULA, H.C.A. **Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L. B. Smith & R.J. Downs**. Curitiba, 2011, 98p. Dissertação (Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NEGREIROS, J.R.S.; BRAGA, L.R.; ÁLVARES, V.S.; BRUCKNER, C.H. Influência de substratos na formação de porta-enxerto de gravioleira (*Annonamuricata* L.) **Ciências agrotecnologia** v.28,no.3, Lavras, 2004.

PAIVA, J.R.; CRISOSTOMO, J.R.; BARROS, L.M. **Recursos Genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, (Documentos, 65), 2003. 43p.

RATTER, J.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Cambridge, v.60, p.57-109, 2003.

SANO, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Ferreira JUNIOR., L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p.113-124, 2010.

SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. Silvicultura II: **Produção de Mudanças Florestais**, Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Apostila, Departamento de Engenharia Florestal, 2003, 58p.

SILVA, D.B. da; SILVA, J.A.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.M. de. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 179p. 2001.

SILVA, C.D.; COSTA, L.M.; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; SILVA, D.D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.487-491, 2002.

SILVA, M.R.; LACERDA, B.C.L.; SANTOS, G.G.; MARTINS, D.M.O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 1790-1793, 2008.

VIEIRA, R.F.; AGOSTINI-COSTA, T.S.; SILVA, D.B.; FERREIRA, F.R.; SANO, S.M. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320p.

WENDLING, I.; GATTO, A., **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda fácil editora, 2002, 166p.

OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade física de substratos e sua utilização para a produção de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.).

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz)

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo caracterizar a densidades seca (DS), úmida (DU), e de partícula (DP), a porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e remanescente (AR) e granulometria em diferentes substratos. Os substratos apresentam a seguinte formulação: Bioplant[®]; Mecplant[®] + casca de arroz carbonizada (CAC) (7:3); vermiculita de granulometria fina (VGF); VGF+CAC (3:1); VGF+CAC (1:1); VGF+CAC (1:3) e bagaço de cana-de-açúcar (BC) + torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (TF) (3:2). A DP mais elevada ocorreu no substrato BC+TF (3:2) e os menores valores ocorreram nas combinações de VGF+CAC. O Bioplant[®] apresentou as maiores DS e DU, já a menor ocorreu na mistura de VGF+CAC (1:3). Para a propriedade de AD somente Bioplant[®] ficou dentro dos valores considerados apropriado de 0,20 a 0,40 m³ m⁻³, os demais estão abaixo dessa faixa. Bioplant[®], BC+TF (3:2) e VGF+CAC (1:1) apresentaram a AR dentro da faixa recomendada de 0,25 a 0,30 m³ m⁻³. O BC+TF (3:2) apresentou EA de 0,12 m³ m⁻³, inferior ao recomendado de 0,30 m³ m⁻³ os demais variaram de 0,21 a 0,35 m³ m⁻³ esse valor pode variar conforme cada espécie vegetal. A PT variou de 0,48 a 0,77 m³ m⁻³, entre os substratos. O Bioplant[®] e o BC+TF (3:2) apresentaram a melhor distribuição de partículas, proporcionalmente, nos intervalos analisados. Estes substratos possuem capacidades de serem utilizados para a produção de mudas.

Palavras-chave: caracterização física; substrato; casca de arroz; bagaço de cana-de-açúcar; espécies do Cerrado.

ABSTRACT: This study aimed to characterize the dry (DD), wet (WD) and particle (DP) densities, total porosity (TP), aeration space (AS), available water (AW), remaining water (RW) and particle size on different substrates. The substrates had the following formulation: 1 - Bioplant[®]; 2 - Mecplant[®] + carbonized rind of rice (CRR) (7:3); 3 - small size vermiculite (SSV); 4 - SSV + CRR (3:1); 5 - SSV + CRR (1:1); 6 - SSV+CRR (1:3) and 7 - sugar cane bagasse (SCB) + filter cake plant sugarcane (FC) (3:2). The highest WD was observed for SBC+FC (3:2) substrates and the lowest values occurred in the combinations of SSV + CRR. The Bioplant[®] had the highest DD and PD and lower values occurred with SSV + CRR (1:3). For AW property only Bioplant[®] remained within the values considered appropriate from 0.20 to 0.40 m³ m⁻³, the others are below this range. Bioplant[®], SCB + FC (3:2) and SSV + CRR (1:1) showed the RA within the recommended range from 0.25 to 0.30 m³ m⁻³. The SCB + FC (3:2) showed AE of 0.12 m³ m⁻³, lower than the recommended of 0.30 m³ m⁻³, the others ranged from 0.21 to 0.35 m³ m⁻³, this value can varied according to each species. TP ranged from 0.48 to 0.77 m³ m⁻³, among substrates. The Bioplant[®] and SCB + FC (3:2) showed the best particle distribution, proportionally, in the analyzed intervals. These substrates have capabilities of being used for seedlings production.

Key words: Physical characterization; Substrate; rice rinds, sugar cane bagasse; species of the cerrado.

2.1. INTRODUÇÃO

A região dos cerrados sofreu uma grande redução de sua vegetação natural nas últimas décadas, por causa da implantação da agricultura mecanizada, pastagens cultivadas e o crescimento urbano (LIMA et al., 2010). Em virtude da consciência ecológica, retorno econômico e normas governamentais tem aumentado o interesse e a procura por mudas de espécies nativas do cerrado por parte de agricultores e de empresas, nos últimos anos (FERREIRA & DIAS, 2004). Todavia para o sucesso da implantação de pomares comerciais e reflorestamento, é necessário a utilização de mudas saudáveis e com elevada qualidade durante a fase de viveiro (ROSA et al., 2005), esses atributos dependem, dentre outros fatores, de um substrato de qualidade.

Para um substrato ser utilizado na produção de mudas deve ter características físicas e químicas adequadas e definidas, sendo o substituto do solo durante o período de viveiro (FERRAZ et al., 2005). Um substrato adequado deve levar em consideração fatores como: manutenção do sistema radicular, acomodação no recipiente de forma que proporcione a formação de poros em tamanhos e quantidades adequados, possuir decomposição lenta, alta capacidade de troca de cátions e estar isento de fitopatógenos e sementes de plantas indesejáveis, também é necessário estar disponível no mercado a preços compatíveis (DANTAS et al., 2009). É quase impossível deter todos estes adjetivos, em uma só matéria-prima, sendo assim, ocorrem misturas de dois ou mais componentes que possuem características diferentes, e que juntos vão compor um substrato adequado para a formação de mudas (ARAÚJO NETO et al., 2009).

As matérias-primas para formulação de substratos podem ser de origem mineral (vermiculita, perlita, lã de rocha, areia e solo), orgânica (húmus, bagaço de cana, turfas, xaxim, fibra de coco, cascas de arroz, pinus, árvores, acículas de pinus, esterco, compostos orgânicos) e/ou sintética (espuma fenólica, isopor) (COLOMBO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2008; MINAMI & SALVADOR, 2010; MULA, 2011).

Das propriedades de um substrato, as físicas são as mais importantes, uma vez que as demais podem ser alteradas. Com isso é imprescindível que um substrato apresente boa porosidade e espaço de aeração favorecendo as trocas gasosas e a capacidade de retenção de água, além disso, parte dessa água deve estar disponível às plantas, também deve ter densidade adequada para facilitar o manejo dos recipientes (KÄMPF, 2001; ABREU, et al., 2002; FERMINO, et al., 2010; MULA 2011). Tais

características físicas são fundamentais para favorecer a germinação, emergência, estabelecimento, desenvolvimento e garantir a qualidade final das mudas.

Com a necessidade de reduzir e/ou reutilizar as quantidades crescentes de resíduos agroindustriais, e visando reduzir o consumo dos não renováveis, assim, tem-se incentivado o estudo de compostos alternativos (GRIGATTI et al. , 2007), como o bagaço de cana-de-açúcar e a torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2005; CATUNDA et al., 2008), além da casca de arroz carbonizada (GUERRINI & TRIGUEIRO, 2004; TERRA et al., 2011) como substratos para a produção de mudas e uso na horticultura. Também, é dada preferência à utilização de matérias-primas para a formulação de substratos, que sejam encontradas com facilidade nas proximidades dos viveiros de mudas.

Com isso, verifica-se a necessidade de formular novos substratos utilizando materiais provenientes de resíduos agroindustriais, para utilização em espécies nativas do cerrado. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar as características físicas de porosidade, disponibilidade de água, densidade e granulometria em diferentes substratos.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

As análises físicas foram realizadas no laboratório de Física do Solo do Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde. As matérias-primas utilizadas para a formulação dos substratos foram: Vermiculita, casca de arroz carbonizada, bagaço de cana e torta de filtro de usina, além do Bioplant[®] e MecPlant[®].

A formulação dos substratos é mostrada na Tabela 2.1. As misturas das matérias-primas para a obtenção dos substratos foram realizadas com auxílio de uma betoneira, sendo cada matéria-prima dosada em volume (Figura 2.1). Após o preparo foram coletadas amostras dos substratos para a caracterização física dos mesmos.

Para a determinação da densidade seca (DS) e úmida (DU), foi utilizado o método da proveta, descrito por Rober & Schaller (1985), a capacidade da proveta utilizada foi de 250 cm³ e para a obtenção da matéria seca, as amostras foram seca a 65°C, até massa constante. Já a densidade de partícula foi determinada pelo método do balão volumétrico, segundo metodologia descrita por Rowel (1994), foram utilizados

30 cm³ de substrato e 50 cm³ de água fervente, em seguida completou o volume para 250 cm³.

Tabela 2.1 - Relação dos substratos utilizados na caracterização física.

Ordem	Componentes dos substratos
1	Bioplant [®]
2	MecPlant [®] + casca de arroz carbonizada (CAC) (7:3)
3	Vermiculita de granulometria fina (VGF)
4	VGF + CAC (3:1)
5	VGF + CAC (1:1)
6	VGF + CAC (1:3)
7	Bagaço de cana-de-açúcar (BC) + torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (TF) (3:2)

Amostras dos substratos foram acomodadas em anéis com dimensões de 40 e 50 mm de diâmetro e altura, respectivamente. Após a saturação com água destilada por um período de 24h, os anéis contendo substratos foram acondicionados em funis, contendo placa porosa junto a unidade de sucção. Então os anéis foram submetidos às tensões de 1 e 10 kPa. Na saturação, ou seja, na tensão de 0 kPa, e nas de 1 e 10 kPa foram realizadas determinações da massa úmida e seca do conjunto (anel + substrato) em balança semianalítica. As tensões de 0, 1 e 10 kPa foram utilizadas para calcular a porosidade total (PT), água disponível (AD) e remanescente (AR) e o espaço de aeração (EA) segundo De Boodt & Verdonck (1972).

A granulometria das partículas (>3,35; de 2,00 a 3,35; 1,00 a 2,00; 0,59 a 1,00; 0,125 a 0,59; e <0,125 mm) foram obtidas com auxílio de peneiras com malhas de: 3,35; 2,00; 1,00; 0,59; 0,125 mm. Foi adicionado 100 g de substrato no conjunto de peneira sendo a de malha 3,35 mm a superior. Para auxiliar na separação foi utilizado um agitador eletro-magnético (Bertel, Caieras-SP) sendo utilizadas 500 agitações/minuto durante três minutos. Após a agitação, o material retido em cada peneira foi pesado em balança semianalítica, para a obtenção de proporção de cada tamanho de partícula.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis repetições por substrato. Para a análise granulométrica foi utilizado esquema de parcela subdividida, com os substratos nas parcelas e as malhas das peneiras na subparcela. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

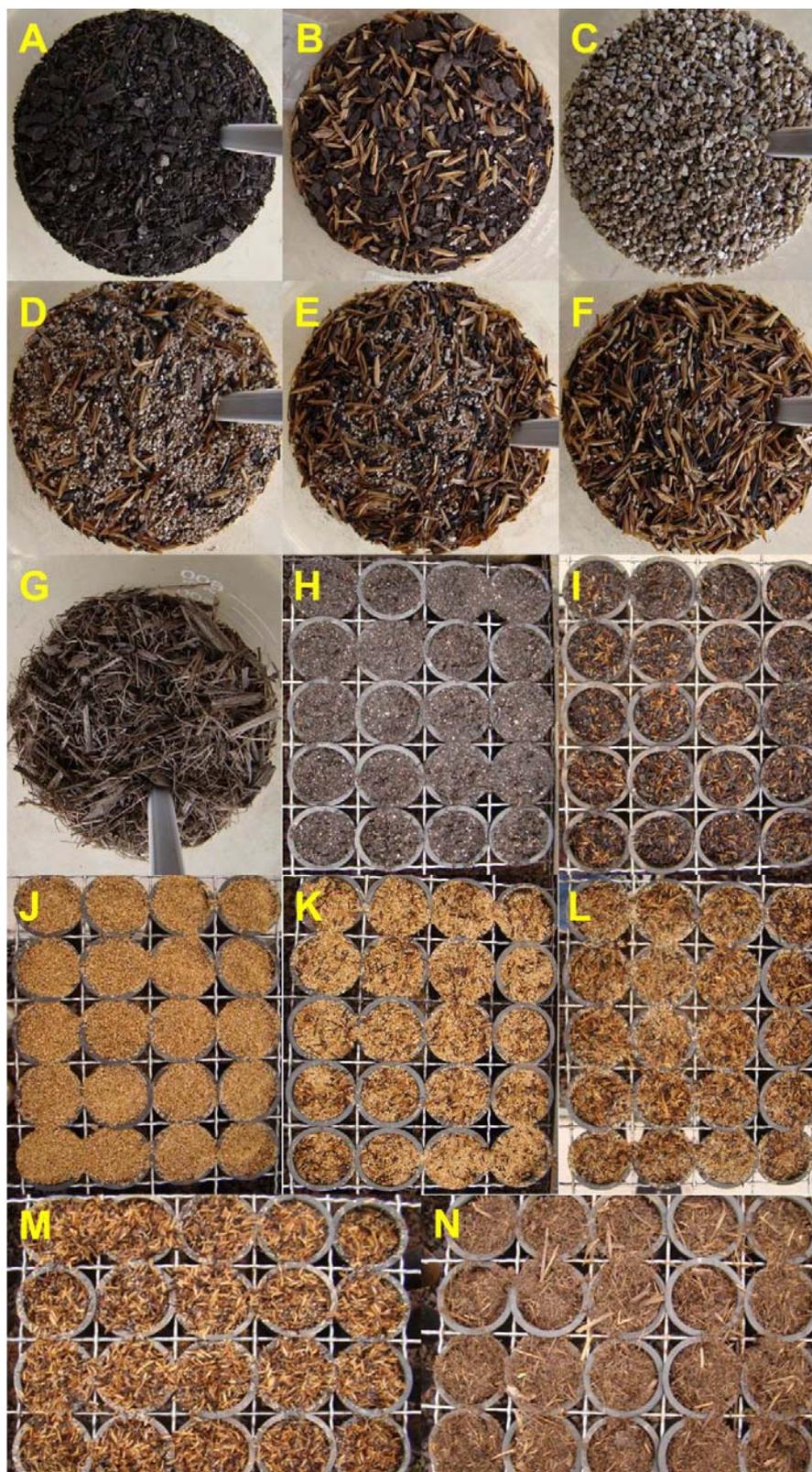


Figura 2.1. Detalhes dos substratos analisados e sua disposição em tubetes de 288 cm³: A e H - BioPlant[®]; B e I - Mecplant[®] mais casca de arroz carbonizada (7:3); C e J - Vermiculita de granulometria fina; D e K - Vermiculita de granulometria fina mais casca de arroz carbonizada (3:1); E e L - Vermiculita de granulometria fina mais casca de arroz carbonizada (1:1); F e M - Vermiculita de granulometria fina mais casca de arroz carbonizada (1:3); G e N - Bagaço de cana-de-açúcar mais torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (3:2). Fotos Clenilso Sehnen Mota.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As novas formulações de substratos propostas utilizando matéria-prima alternativa como a casca de arroz carbonizada (CAC), o bagaço de cana-de-açúcar (BC) e a torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (TF) apresentaram densidade de partículas (DP) semelhantes ao substrato Bioplant[®]. A formulação de substrato BC+TF na proporção de 3:2 (v/v), apresentou DP de 1029,6 kg m⁻³, sendo a maior dentre os novos substratos, seguido pelo Mecplant[®]+CAC (7:3) e VGF+CAC (1:3) com 878,5 kg m⁻³, VGF+CAC nas proporções de 3:1 e 1:1 (v/v) com 614,6 kg m⁻³ e a menor DP foi observada em VGF pura com DP de 438,2 kg m⁻³ (Tabela 2.2). Observa-se que ao aumentar a adição de CAC a VGF aumentou a DP, mostrando com isso que as partículas de CAC são mais densas que a da VGF.

Tabela 2.2 - Densidade de partículas (DP), seca (DS) e úmida (DU) em diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.

Substrato	DP	DS	DU
	kg m ⁻³		
Bioplant [®]	1145,6±0,053 a ^z	322,1±3,77 a	870,4±10,16 a
MecPlant [®] + CAC ^y (7:3)	926,6±0,050 bc	222,3±1,45 b	532,6±6,46 d
VGF ^x	438,2±0,019 e	159,1±1,17 de	622,6±4,51 b
VGF + CAC (3:1)	571,2±0,015 de	168,3±1,59 d	558,6±5,11 c
VGF + CAC (1:1)	658,0±0,023 d	166,3±2,34 d	561,9±10,64 c
VGF + CAC (1:3)	830,4±0,041 c	149,6±1,36 e	470,6±6,46 e
BC ^w + TF ^v (3:2)	1029,6±0,042 ab	206,6±3,73 c	600,9±6,68 b

^zMédias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^yCasca de arroz carbonizada; ^xVermiculita de granulometria fina; ^wBagaço de cana-de-açúcar; ^vTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

A densidade de um substrato expressa pela relação entre a massa e o volume ocupado por essa massa, é uma característica de grande importância, uma vez que valores extremos são indesejáveis (KÄMPF, 1992; MINAMI& SALVADOR, 2010). Dos substratos estudados o Bioplant[®] apresentou a maior densidade tanto para DS como para DU. Das novas formulações de substratos proposta no presente trabalho, as mais problemáticas por causa das baixa DS foram as que apresentam VGF em sua formulação. Todavia, pela capacidade da VGF de absorver e acumular água, na DU os substratos com as maiores proporções de VGF acabam por melhorar a densidade, exceto para VGF+CAC (1:3), devido a sua maior proporção de CAC. Já o BC+TF (3:2)

apresentou DU inferior somente ao Bioplant[®], mostrando que pode ser uma boa alternativa. A densidade é uma característica determinante para diversas atividades relacionadas ao manejo das mudas no viveiro e se estende até o plantio em local definitivo, como o transporte, mão de obra e infraestrutura, influenciado dessa forma o investimento (FERNANDES et al., 2006). Baixa densidade pode ser benéfica às plantas, porque dificilmente irá dificultar o desenvolvimento do sistema radicular por obstrução mecânica (FERRAZ et al., 2005).

Segundo Kämpf (1992) apesar da heterogeneidade das informações, busca-se substratos com densidade seca (DS) de 500 kg m⁻³ e densidade úmida (DU) de 1000 kg m⁻³. Todos os valores de DS e DU dos substratos no presente estudo estão abaixo do considerado apropriado por Kämpf (1992). Todavia substratos com baixa densidade são mais apropriados para uso em bandejas (FERMINO et al., 2010; KÄMPF, 2000), facilitando o manuseio e transporte das mesmas, podendo ainda ser utilizados em tubetes suspensos, nesse caso não haverá tombamento dos recipientes que acolhem as plantas (SCHMITZ et al., 2002).

O Bioplant[®] apresentou a maior quantidade de água disponível (AD), ou seja, entre as tensões de 1 e 10 kPa, seguido pelo BC+TF (3:2) (Tabela 2.3). Porém somente o Bioplant[®] está dentro da faixa recomendada por De Boodt & Verdonck (1972) (0,24 a 0,40 m³ m⁻³) e/ou Ballester-Olmos (1992) (0,20 a 0,30 m³ m⁻³), os demais substratos, por demonstrar valor inferior às faixas adequadas podem não disponibilizar a quantidade de água requerida pelas plantas que virão a ser cultivadas em tais substratos. Souza et al., (2006), observaram que com a adição de CAC a VGF os valores de AD aumentaram, fato não observado no presente trabalho, ao contrário a AD diminuiu com a adição de CAC, Guerrini e Trigueiro (2004) encontraram resultados que corroboram com os do presente estudo.

Dos valores de água remanescente (AR), obtida a partir da umidade volumétrica na tensão de 10 kPa, somente os substratos Bioplant[®], BC+TF (3:2) e VGF+CAC (1:1) estão dentro da faixa recomendada de 0,25 a 0,30 m³ m⁻³ por Verdonck e Gabriels (1988). Os substratos MecPlant[®]+CAC (7:3), VGF e VGF+CAC (3:1) possuem capacidade de armazenar água, porém essa não está disponível em tensão inferior a 10 kPa. Já o substrato VGF+CAC (1:3) apresentou a menor quantidade de AR, assim como valor ínfimo de AD, isso ocorre porque a CAC é inerte a hidratação, assim esse substrato requer maior frequência de irrigação (GUERRINI e TRIGUEIRO,

2004). Em casos de a AR ter valores acima do recomendado podendo provocar problemas de umidade excessiva às raízes das plantas. Em contra partida valores baixos de AR, podem causar deficiência hídrica nas plantas cultivadas nesses substratos, necessitando assim de maior número de irrigações e com intervalos menores (FERMINO 2003).

Tabela 2.3 - Água disponível (AD) e remanescente (AR), espaço de aeração (AE) e porosidade total (PT) em diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.

Substrato	AD	AR	EA	PT
	m ³ m ⁻³			
Bioplant [®]	0,24±0,008 a ^z	0,30±0,004 c	0,21±0,021 d	0,74±0,016 ab
MecPlant [®] + CAC ^y (7:3)	0,11±0,008 cd	0,32±0,004 c	0,29±0,008 bc	0,72±0,007 bc
VGF ^x	0,07±0,009 de	0,37±0,003 a	0,32±0,006 ab	0,77±0,006 a
VGF + CAC (3:1)	0,12±0,006 c	0,34±0,005 b	0,25±0,007 c	0,72±0,009bc
VGF + CAC (1:1)	0,06±0,008 e	0,26±0,004 d	0,35±0,006 a	0,67±0,010 c
VGF + CAC (1:3)	0,02±0,007 f	0,11±0,002 e	0,34±0,007 a	0,48±0,008 e
BC ^w + TF ^v (3:2)	0,19±0,011 b	0,27±0,006 d	0,12±0,008 e	0,58±0,013 d

^zMédias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^yCasca de arroz carbonizada; ^xVermiculita de granulometria fina; ^wBagaço de cana-de-açúcar; ^vTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

O espaço de aeração (EA), que corresponde a fase gasosa do substrato em tensão inferior a 1 kPa, foi superior nos substratos VGF, VGF+CAC (1:1) e VGF+CAC (1:3) (Tabela 2.3), estando todos acima de 0,30 m³ m⁻³, conforme recomendado por Penningsfeld (1983). Esses mesmos substratos também apresentaram os menores valores de AD, mostrando que esses substratos apresentam boa aeração e dificuldade de hidratação, necessitando assim de maior frequência de irrigação, para manter equilíbrio ar/água. Schmitz et al., (2002) cita que valores de EA elevados, podem promover deficiência hídrica às plantas.

A porosidade total (PT) foi maior nos substratos Bioplant[®] e VGF, sendo os valores inferiores às necessidades de porosidade recomendado por De Boodt e Verdonck (1972). Segundo Fonteno (1989) a porosidade é o volume do substrato não ocupado pela fração sólida. Sendo assim a porosidade é uma das características mais importante do substrato, nos poros são armazenadas a água, bem como ocorrem as trocas gasosas, sendo assim crucial para o desenvolvimento das plantas, sendo responsável por disponibilizar água e oxigênio ao sistema radicular, ou a semente que está por germinar.

A DU mostrou correlação com DS, PT, EA, AD e AR, DS mostrou correlações similares a DU exceto para AR (Tabela 2.4). Mostrando assim a importância da densidade e sua influência nas frações sólidas, líquida e gasosas dos substratos. A AD se mostrou influenciada e com correlação com DS, DU, PT, EA e AR, comprovando assim que os poros possuem influência sobre a água disponível, em especial poros de diâmetros menores conforme mostrado pela correlação negativa entre AD e EA, uma vez EA predomina em poros de diâmetros maiores. Zanetti et al., (2003) também observaram relação entre EA e AD.

Tabela 2.4 - Matriz de correlação linear de Pearson para as características de densidade seca (DS) e úmida (DU), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA) água disponível (AD) e remanescentes (AR) nos diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.

	DU	PT	EA	AD	AR
DS	0,857*	0,357*	-0,507*	0,825*	0,214
DU	-	0,518*	-0,425*	0,776*	0,378*
PT	-	-	0,043	0,362*	0,886*
EA	-	-	-	-0,819*	-0,225
AD	-	-	-	-	0,382*

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.

Houve interação entre os substratos e as malhas das peneiras utilizadas para caracterizar a granulometria dos substratos (Tabela 2.5). Partículas com diâmetro superior a 3,35 mm e inferior a 0,125 mm foram as que apresentaram os menores valores de massa em todos os substratos. Partículas com diâmetro entre 0,125 e 0,59 mm, foram as predominantes nos substratos Bioplant[®] e BC+TF (3:2), as com diâmetro entre 1 e 2 mm foram superiores nos substratos MecPlant[®]+CAC (7:3), VGF+CAC (3:1) e VGF+CAC (1:1). Já para os substratos VGF e VGF+CAC (1:3), houve predominância de partículas com diâmetro entre 1 e 2 e de 2 a 3,35 mm.

A maior quantidade de partículas com diâmetro >3,35 mm foi encontrada no substrato MecPlant[®]+CAC (7:3), já as partículas menores que 0,125 mm no Bioplant[®]. Os substratos que continham VGF em sua formulação foram os responsáveis por apresentar as maiores quantidades de partículas nas faixas de 2,0 a 3,35, 1,00 a 2,00 e de 0,59 a 1,00 mm de diâmetro. Já partículas menores na faixa de 0,125 a 0,59 mm, foram predominantes nos substratos BC+TF (3:2) e Bioplant[®]. Os substratos Bioplant[®], MecPlant[®]+CAC (7:3) e BC+TF (3:2) apresentaram partículas com distribuição mais

Tabela 2.5 - Distribuição de partículas(em gramas) em diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.)

Substratos	Diâmetro de partículas (mm)					
	>3,35	2,00 a 3,35	1,00 a 2,00	0,59 a 1,00	0,125 a 0,59	<0,125
Bioplant [®]	6,0±0,45eB	15,9±0,79cC	21,6±0,80bC	16,2±0,63cB	30,2±1,17aA	9,9±1,11dA
MecPlant [®] +CAC ^y (7:3)	8,0±0,39eA	26,8±0,68bB	31,5±0,79aB	12,5±0,75dC	16,6±0,56cB	4,4±0,62fB
VGF ^x	1,1±0,20cC	42,2±2,50aA	44,6±1,84aA	5,3±0,46bD	5,2±0,70bD	1,4±0,10cC
VGF+CAC (3:1)	0,5±0,23dC	3,7±1,37dD	46,6±2,86aA	26,9±0,75bA	19,5±1,97cB	2,7±0,30dC
VGF+CAC (1:1)	0,1±0,04eC	10,8±2,26dC	42,7±1,68aA	25,7±0,91bA	18,5±1,64cB	1,9±0,21eC
VGF+CAC (1:3)	0,8±0,21cC	38,2±3,96aA	34,3±3,97aB	13,8±0,53bC	11,5±1,08bC	1,1±0,09cC
BC ^w +TF ^v (3:2)	6,8±0,60dB	16,4±0,88cC	22,5±1,08bC	17,4±0,48cB	32,3±1,95aA	4,3 ±0,90dB

^zMédias seguidas da mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^yCasca de arroz carbonizada; ^xVermiculita de granulometria fina; ^wBagaço de cana-de-açúcar; ^vTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

uniforme nos intervalos analisados, porque a diferença entre as quantidades de partículas obtidas entre os diferentes intervalos foram menores. Segundo Schmitz et al. (2002), substratos com distribuição uniforme de partículas favorece a estrutura do substrato, melhorando a porosidade, EA, AD e AR.

O tamanho das partículas que compõem os substratos, ou seja, a granulometria dos substratos é uma característica importante para avaliar a qualidade física dos mesmos, podendo dar ideia da quantidade de água disponível e remanescente, espaço de aeração e da porosidade total (MINAMI & SALVADOR, 2010). No presente estudo não foi verificada correlação entre os tamanhos de partículas e a porosidade total, assim como com a água remanescente. Todavia foi observada correlação entre tamanho de partículas e o espaço de aeração (EA) em que partículas com diâmetro inferior a 0,59 mm e superior a 3,35 mm apresentaram correlação negativa e partículas com diâmetro entre 1,00 e 3,35 mm positiva (Tabela 2.6). Também houve correlação entre a água disponível e o tamanho de partícula, porém ao contrário do EA, em que partículas com diâmetro entre 1,00 e 3,35 mm a correlação foi negativa e as com diâmetro inferior a 0,59 mm e superior a 3,35 mm foi positiva. Ludwig et al., (2008) relatam que substratos com grande percentual de partículas pequenas se tornam inadequados para vasos por reduzir o EA e aumentar a retenção de água, corroborando com o observado no presente estudo. Segundo Schmitz et al. (2002) a distribuição de partículas de forma equilibrada garantirá porosidade e disponibilidade de água.

Tabela 2.6 - Matriz de correlação linear de Pearson para as características de granulometria e porosidade total (PT), espaço de aeração (EA) água disponível (AD) e remanescentes (AR) nos diferentes substratos utilizados para produção de mudas de espécies nativa do cerrado.

	PT	EA	AD	AR
>3,35	0,092	-0,598*	0,610*	0,171
2,00 a 3,35	-0,186	0,369*	-0,441*	-0,210
1,00 a 2,00	0,214	0,590*	-0,611*	0,223
0,59 a 1,00	-0,062	-0,088	0,097	-0,076
0,125 a 0,59	-0,044	-0,762*	0,793*	0,001
<0,125	0,310	-0,528*	0,809*	0,191

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.

2.4. CONCLUSÕES

As formulações de substratos propostas podem ser usadas com sucesso para produção de mudas, apesar da variação em suas propriedades físicas.

Os substratos testados apresentam densidades que permitem a utilização em bandejas coletivas e recipientes suspensos.

As formulações de substratos que contém vermiculita e casca de arroz carbonizada possuem valores baixos de água disponível e espaço de aeração elevado.

Os substratos Bioplant[®] e bagaço de cana mais torta de filtro de usina apresentam tamanhos de partículas mais uniformes.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: Encontro nacional de substratos para plantas, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2002. p.17-28.

ARAÚJO NETO, S. E.; AZEVEDO, J.M.A.; GALVÃO, R.O.; OLIVEIRA, E. B. L.; FERREIRA, R. L. F. Produção de muda orgânica com diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.5, p. 1408-1413, 2009.

BALLESTER-OLMOS, J.F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentais**. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias, 1992, 44p. (Hojas Divulgadoras, 11).

CATUNDA, P.H.A.; MARINHO, C.L.; GOMES, M.M.A.; CARVALHO, A.J.C. Brassinosteróide e substratos na aclimatização do abacaxizeiro 'Imperial'. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.30, n.3, p.345-352, 2008.

COLOMBO, L.A.; FARIA, R.T.; ASSIS, A.M.; FONSECA, C.B. Aclimatização de um híbrido de *Cattleya* em substratos de origem vegetal sob dois sistemas de irrigação. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v.27, n.1, p.145-150, 2005.

DANTAS, B.F.; LOPES, A.P.; SILVA, F.F.S. da; LUCIO, A.A.; BATISTA, P.F.; PIRES, M.M.M. L.; ARAGÃO, C.A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.3, p.413-423, 2009.

DE BOODT, M., VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.26, p.37-44, 1972.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 104p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Área de Concentração de Horticultura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERMINO MH; GONÇALVES RS; BATTISTIN A; SILVEIRA JRP; BUSNELLO AC; TREVISAM M. Aproveitamento dos resíduos da produção de conserva de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.3, p.282-286, 2010.

FERNANDES C; CORÁ JE; BRAZ LT. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 24: 42-46, 2006.

FERRAZ, M.V.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v.27, n.2, p.209-214, 2005.

FERREIRA, D. F.: Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, D.A.C.; DIAS, H.C.T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.617-623, 2004.

FONTENO, W.C.; Na approach to modeling air and water status of horticultural substrates. **Acta Horticulture**, North Carolina, v.238, p. 67-74, 1989,

GRIGATTI, M.; GIORGIONI, M.E.; CIAVATTA, C. Compost-based growing media: Influence on growth and nutriente use of bedding plants. **Bioresource Tecnology**, Barking, v.98, 2007, p.3526-3534.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v.28, p. 1069-1076, 2004.

KÄMPF, A.N. **Análise física de substratos para plantas**. Viçosa: SBCS. 2001. v.26, p.5-7 (Boletim Informativo).

KÄMPF, A.N. FERMINO, M.H. **Substrato para plantas: a base de produtos vegetais em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312p.

KÄMPF, A.N.; Substratos para floricultura. Manual de floricultura. In **Simpósio Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais**, Maringá, 1992, p.36-43.

LIMA, T.A.; PINTO, J.R.R.; LENZA, E.; PINTO, A.S. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no parque estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. **Biota Neotropica**, Campinas vol.10, n.2, 2010.

MINAMI, K.; SALVADOR, E.D. **Substrato para plantas**. Piracicaba, SP: Degaspari, 226p. 2010.

MULA, H.C.A. **Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas e *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L. B. Smith e R.J. Downs**. Curitiba, 2011, 98p. Dissertação (Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J.S.S.; SOUZA, C.A.M.; SILVA, S.A.S.; MARTINS FILHO, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.122-128, 2008.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate fürden Gartenbau, besonders in Deutschland: - Einkritischer Überblick. **Plant and Soil**, The Hague, v.75, p.269-281, 1983.

RÖBER R; SCHALLER K. **Pflanzenernährung im Gartenbau**. Stuttgart: Ulmer. 1985. 352p.

ROSA, M.E.C.; NAVES, R.V.; OLIVEIRA JUNIOR, J.P.; Produção e crescimento de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomez) em diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, nº2, p.65-70, 2005.

ROWEL, D.L. **Soil Science: Methods & Applications**. New York: Longman Group, 1994. 350p.

SANTOS, A.C.P.; BALDOTTO, P.V.; MARQUES, P.A.A.; DOMINGUES, W.L.; PEREIRA, H.L. Utilização de torta de filtro como substrato para a produção de mudas de hortaliças. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.1, n.2, p.1-5, 2005.

SCHMITZ, J.A.K.; SOUZA, P.V.D.; KAMPF, A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

SOUZA, P.V.D.; CARNIEL, E.; FOCESATO, M.L.; Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.276-279, 2006.

TERRA, S.B.; FERREIRA, A.A.F.; PEIL, R.M.N.; STUMPF, E.R.T.; CAVALCANTE, M.Z.B. Alternativesubstrates for growth and production of potted chrysanthemum (cv. Funny). **Acta Scientiarum.Agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.465-471, 2011.

VERDONCK, O., GABRIELS, R.; Substrate requirements for plants. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.221, p.19-23, 1988.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J.O.; CORÁ, J.E.; MATTOS JUNIOR, D. Caracterização física de substratos para a produção de mudas e porta-enxertos cítricos sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, 2003.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (*Anacardium othonianum* RIZZ.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes tipos de substratos no crescimento, nutrição e a qualidade de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado. O experimento ocorreu em casa de vegetação. Os substratos utilizados foram os seguintes: 1- Bioplant[®]; 2- Mecplant[®] + casca de arroz carbonizada (CAC) (7:3); 3- vermiculita de granulometria fina (VGF); 4- VGF+CAC (3:1); 5- VGF+CAC (1:1); 6- VGF+CAC (1:3) e 7- Bagaço de cana-de-açúcar (BC) + torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (TF) (3:2). A contagem das plântulas emergidas foi realizada em intervalos de dois dias após a emergência da primeira plântula. Aos 39, 64 e 89 dias após a semeadura (DAS) avaliou-se o comprimento do caule (CC), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF). O acúmulo de massas secas, índices de qualidade e concentração foliar de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn, foram avaliados aos 89 DAS. Plantas desenvolvidas nos substratos VGF e VGF+CAC (1:3), apresentaram os menores comprimentos de caule em relação aos demais. O incremento no crescimento foi menor entre os 64 e 89 DAS, em relação as duas primeiras épocas. A maior concentração foliar de N foi observada no substrato BC+TF, de P e K em Mecplant[®]+CAC (7:3), BC+TF e Bioplant[®] e Ca no BC+TF e Mecplant[®]+CAC (7:3). Já para os micronutrientes B e Mn, o substrato Mecplant[®]+CAC (7:3) apresentou as maiores concentrações foliares, juntamente com o Bioplant[®] para o elemento B. As concentrações de Mg, S, Cu, Zn e Fe não apresentaram diferenças. A característica a diferir os substratos foi a concentração foliar dos nutrientes, tendo destaque o BC+TF seguido pelo Mecplant[®]+CAC e Bioplant[®].

Palavras-chave: *Anacardium othonianum* Rizz., qualidade de mudas, nutrição de mudas, substratos.

ABSTRACT: This study aimed at evaluating the effect of different substrates on the growth, nutrition and quality of seedlings of cashew-tree-of-the-cerrado. The experiment took place in a greenhouse. The substrates used were as follows: 1 - Bioplant[®]; 2 - Mecplant[®] + carbonized rind of rice (CRR) (7:3); 3 - small size vermiculite (SSV); 4 - SSV + CRR (3:1); 5 - SSV + CRR (1:1); 6 - SSV + CRR (1:3) and 7 - sugar cane bagasse (SCB) + filter cake plant sugarcane (FC) (3:2). The counting of emerged seedlings was conducted at intervals of two days after emergence of the first seedling. At 39, 64 and 89 days after seeding (DAS) was evaluated the length (SL) and diameter stem (DS) and leaf number (LN). The accumulation of dry weight, quality indices and leaf concentration of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu and Zn were evaluated at 89 DAS. The SSV and SSV+CRR (1:3) substrates, had the lowest stem lengths with an average of 8.4 cm, the other substrates showed an average of 10.6 cm. The increase in growth was lower between 64 and 89 DAS, compared to the first two seasons. The largest concentration of leaves N was observed in the substrate SCB+FC, P and K in Mecplant[®]+CRR, and SCB+FC, Bioplant[®] and Ca in SCB+FC and Mecplant[®]+CRR. As for the micronutrients B and Mn, the substrate Mecplant[®]+CRR showed the highest leaf concentrations, along with Bioplant[®] to element B. The concentrations of Mg, S, Cu, Zn and Fe showed no differences. The feature used to defer the substrates was the concentration of leaf nutrients, highlighting SCB+FC followed by Mecplant[®]+CRR and Bioplant[®].

Key words: *Anacardium othonianum* Rizz., seedling quality, seedling nutrition, substrates

3.1. INTRODUÇÃO

No complexo florístico do cerrado diversas formas de exploração são possíveis como o madeireiro (SILVA & SCARIOT, 2003), ornamental, melífero, farmacêutico (GUARIM NETO & MORAIS, 2003) e frutífero (SILVA et al., 2008), entre outros. Quanto à riqueza de frutos sem dúvida é um dos domínios mais diversificados, há miscelânea de formas, cores e sabores singulares e composições nutricionais de alta qualidade (SILVA et al., 2008).

O caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) apresenta destaque entre as frutíferas nativas do cerrado, devido às propriedades alimentares e medicinais encontradas em seus frutos e pseudofrutos, as cascas, folhas e flores servem à área farmacêutica (SILVA et al., 2001). O caju-de-árvore-do-cerrado pertence à família Anacardiaceae e ao gênero *Anacardium* (PAIVA et al., 2003). Em média o caju-de-árvore-do-cerrado, possui de 3 a 4 m de altura, suas folhas são elípticas, coriáceas e glabras. As brácteas são foliosas, pilosas, com pétalas estreitas, alongadas e avermelhadas. Quanto às flores, as masculinas surgem no início e as hermafroditas se desenvolvem mais no final do período floral. São polinizadas por insetos como abelhas e vespas, produzindo de 200 a 600 frutos por planta (SILVA et al., 2001; LIMA et al., 2002).

Os pseudofrutos do caju-de-árvore-do-cerrado são utilizados para o consumo na forma *in natura*, e quando processados se transformam numa diversidade de doces, geleias, licores, sucos, sorvetes, picolés, cristalizados e outros. Já o aquênio (fruto verdadeiro), após ser torrado e descascado se torna uma iguaria valiosa em sabor e composição. O fruto e o pseudofruto são ricos em energia, glicídios, lipídeos, proteínas, minerais e vitaminas (SILVA et al., 2001; SILVA et al., 2008).

Nos últimos anos tem aumentado o interesse e a procura por mudas de espécies nativas do cerrado (SOUZA et al., 2007) por parte de agricultores e de empresas, devido o retorno econômico, consciência ecológica e normas governamentais. Para o sucesso da implantação de pomares comerciais e reflorestamento, se faz necessário o uso de mudas sadias e com elevada qualidade, durante a fase de viveiro (ROSA et al., 2005). Para avaliar a qualidade de mudas florestais são usados índice de qualidade como: a relação entre a massa seca do sistema radicular e a da parte aérea (RPA) que leva em

consideração o equilíbrio entre a massa do sistema radicular e da parte aérea da muda. Saidelles et al. (2009); Relação entre a altura e o diâmetro do coleto (CCDC) que fornece um quociente de robustez, demonstrando o quanto delgada está uma muda, ou seja, mostra o grau de estiolamento da mesma; Índice de qualidade criado por Dickson et al. (1960), que leva em consideração além da RPA e CCDC a massa seca total das mudas, sendo assim um índice bastante completo.

A qualidade do substrato é o principal fator a influenciar a qualidade das mudas. Assim para um substrato ser utilizado na produção de mudas deve ter características físicas e químicas adequadas e definidas, é o substituto do solo durante o período de viveiro (FERRAZ et al., 2005). Um substrato adequado deve levar em consideração fatores como: manutenção do sistema radicular, acomodação no recipiente de forma que proporcione a formação de poros em tamanhos e quantidades adequados, possuir decomposição lenta, alta capacidade de troca de cátions e estar isento de fitopatógenos e sementes de plantas indesejáveis, também é necessário estar disponível no mercado a preços compatíveis (DANTAS et al., 2009). É quase impossível deter todos estes adjetivos, em uma só matéria-prima, sendo assim, ocorrem misturas de dois ou mais componentes que possuem características diferentes, e que juntos vão compor um substrato adequado para a formação de mudas (ARAÚJO NETO et al., 2009).

O aumento da conscientização das questões ambientais, bem como a necessidade de eliminar e/ou reutilizar as quantidades crescentes de resíduos agroindustriais, e visando reduzir o consumo de recursos não renováveis, tem-se incentivado o estudo de compostos alternativos (GRIGATTI et al. , 2007), como o bagaço de cana e a torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2005; CATUNDA et al., 2008), além da casca de arroz carbonizada (GUERRINI & TRIGUEIRO, 2004; TERRA et al., 2011) como substratos para a produção de mudas e uso na horticultura. Também, tem-se dado preferência a utilização de matérias-primas para a formulação de substratos, que sejam encontradas com facilidade nas proximidades do viveiro de mudas. Todavia são poucos ou inexistentes os estudos sobre a utilização de resíduos agroindustriais em espécies nativas do cerrado.

O objetivo desse trabalho foi o de avaliar os efeitos de diferentes substratos na emergência, crescimento, nutrição e qualidade das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (17° 48' 16'' S, 50° 54' 19'' W) 749 m de altitude. Os frutos de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) apresentam tamanhos variados, assim como a cor dos pseudofrutos, foram colhidos em plantas de ocorrência natural na fazenda Gameleira no município de Montes Claros de Goiás - GO, com as coordenadas geográficas 16° 06' 20'' S – 51° 17' 11'' W a 592 m de altitude, com vegetação típica de cerrado. A exsicata do material vegetal está depositada no Herbário Jataiense, da Universidade Federal de Goiás Campus Jataí, sob o número 3793.

Após a coleta, os frutos foram levados para o Laboratório, separando as sementes (aquênios) da polpa (pseudofruto). Eliminaram as danificadas, sendo que as sementes selecionadas foram tratadas, secas e armazenadas segundo Assis et al., (2012).

Os substratos utilizados no experimento foram: 1- Bioplant[®]; 2- Mecplant[®] + casca de arroz carbonizada (CAC) (7:3, v v⁻¹); 3- vermiculita de granulometria fina (VGF); 4- VGF+CAC (3:1, v v⁻¹); 5- VGF+CAC (1:1, v v⁻¹); 6- VGF+CAC (1:3, v v⁻¹); 7- Bagaço de cana-de-açúcar (BC) + torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (TF) (3:2, v v⁻¹). O BC foi triturado, utilizando peneira com malha de 5 mm, já TF foi peneirada em malha 5mm. Após o preparo, foram coletadas amostras dos substratos para avaliações de água disponível e porosidade total segundo Fermino et al. (2010). Os substratos foram acomodados em tubetes com capacidade de 288 cm³, sendo esses completamente preenchidos com o substrato. As sementes foram semeadas em número de uma por tubete. Esses foram colocados no interior de casa de vegetação, sob tela tipo clarite permitindo a passagem de 15% da irradiância solar externa. A irrigação foi realizada por aspersão duas vezes ao dia (08h e 16h30) com volume aproximado de 6 mm em cada horário. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram registrados por um Data Logger modelo LAGBOX-RHT-LCD (NOVUS, Porto Alegre-Brasil), sendo a temperatura média de 21,6°C, e a umidade relativa média do ar de 74%, durante o curso do experimento.

As avaliações de emergência foram realizadas a cada dois dias a partir da data que se observou a primeira emergência. Em cada data foi contabilizado o número total

de plântulas emergidas, com isso foi calculado o percentual de plântulas emergidas (PPE) e viáveis (PPV), e o índice de velocidade de emergência (IVE) segundo Maguire (1962).

Aos 39, 64 e 89 dias, após a semeadura (DAS) foram realizadas as avaliações de comprimento do caule (CC), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF) e a relação entre CC e DC (CCDC). Aos 89 DAS, foi realizada avaliações de área foliar (AF) a partir da integração das imagens das folhas em um software de tratamento de imagens. Nessa mesma data foi quantificada a massa seca nas plantas, e foram separadas em raiz, caule e folhas, e colocadas para secar em estufa a 65°C com circulação forçada de ar, até massa constante. Após a obtenção das massas secas foi calculado a relação raiz/parte aérea e o índice qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960). As folhas secas foram trituradas em moinho tipo Willey e analisadas as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Cu, Zn e Mn, segundo metodologias descritas por Malavolta et al. (1997).

Para as avaliações físicas dos substratos foi utilizado delineamento experimental inteiramente ao acaso com seis repetições. Nas avaliações de plântulas emergidas, viáveis e IVE o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 20 tubetes por bloco e 5 repetições por tratamento. Já nas características de crescimento, nutrição e qualidade de mudas, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 7 tubetes por bloco e quatro repetições por tratamento, em esquema de parcela subdivididas, e, as parcelas foram constituídas pelos substratos e as subparcelas pelas épocas de avaliação de CC, DC, CCDC e NF, as demais variáveis AD, PT, MSF, MSC, MST, RPA, IQD e macro e micronutrientes foram analisadas em blocos ao acaso. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação às características de PPE, PPV, IVE, as plântulas se mostraram indiferentes aos substratos avaliados, apresentando valores médios de 79%, 76% e 0,72, respectivamente (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Percentual de plântulas emergidas (PPE) e viáveis (PPV) e índice de velocidade de emergência (IVE) em caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz) em função de diferentes substratos.

Substrato	PPE (%)	PPV (%)	IVE
Bioplant [®]	84 ±5,1 ^y	81 ±4,8 ^y	0,76 ±0,29 ^y
Mecplant [®] +CAC ^x (7:3)	78 ±3,0	77 ±3,4	0,78 ±0,24
VGF ^w	79 ±5,1	79 ±5,1	0,74 ±0,27
VGF+CAC (3:1)	73 ±2,0	68 ±1,2	0,69 ±0,23
VGF+CAC (1:1)	80 ±2,7	74 ±5,1	0,71 ±0,19
VGF+CAC (1:3)	78 ±5,8	76 ±5,3	0,62 ±0,12
BC ^v +TF ^t (3:2)	80 ±2,7	77 ±4,4	0,77 ±0,19

^yMédia ± erro padrão; Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar;

^tTorta de filtro de usina cana-de-açúcar

Segundo Nogueira et al. (2003) e Benech-Arnold & Sánchez (2004) para favorecer a germinação e emergência um bom substrato deve apresentar porosidade que permita a aeração e hidratação da semente, uma vez que a mesma não necessita de nutrientes para germinar e emergir, mas sim de oxigênio e água para o metabolismo. Silva et al. (2009) associa o maior IVE ao substrato leve e poroso, e apresenta capacidade de drenagem, facilitando a oxigenação do substrato. Apesar dos substratos não apresentarem correlação pelo método de Pearson com a emergência e o IVE (dados não apresentados), os mesmos apresentaram diferenças na porosidade total (PT) e na água disponível (AD), em que os substratos Bioplant[®] e VGF mostraram maior PT com média de 0,75 m³ m⁻³, a maior quantidade água disponível foi registrada no substrato Bioplant[®] com valor de 0,24 m³ m⁻³. Os menores valores de AD e PT foram observados no substrato VGF+CAC na proporção de 1:3 (v:v), com valores de 0,02 e 0,48 m³ m⁻³, respectivamente (Tabela 3.2). Todavia todos os substratos apresentaram valores inferiores ao sugerido por De Boodt et al. (1974) para PT que é de ≥0,85 m³ m⁻³. Fermino et al. (2010) estudando resíduos (folhas, estipe e cartucho) da indústria de palmito para produção de substratos, encontrou valores de PT na faixa de 0,84 a 0,90 m³ m⁻³, porém AD (na faixa de 1 a 10 kPa) encontrada foi insignificante (0,004 m³ m⁻³).

Nas figuras 3.1 e 3.2, observa-se a visão geral do experimento e planta de caju-de-árvore-do-cerrado em diferentes estádios de desenvolvimento. Os resultados de CC, DC, CCDC e NF, não apresentaram interação significativa entre épocas e substratos, dessa forma foram analisados de forma individual. Os maiores incrementos nos valores de CC, CCDC e NF, ocorreram entre as duas primeiras épocas de avaliação, em

comparação entre o intervalo da segunda e terceira época, já o incremento de DC foi similar entre as épocas (Tabela 3.3). Observa-se assim que houve uma tendência de estabilização no incremento de tais características, causada possivelmente pela redução da disponibilidade de nutrientes nos substratos e falta de espaço para desenvolvimento radicular.



Figura 3.1 – Visão geral do experimento em que se testou substratos para a produção de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz). Foto: Paulo Dornelles.

Tabela 3.2 - Água disponível (AD) e porosidade total (PT) dos substratos utilizados para a produção de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz).

Substrato	AD	PT
	m ³ m ⁻³	
Bioplant [®]	0,24 ±0,01 a ^z	0,74 ±0,02 a
Mecplant [®] +CAC ^x (7:3)	0,11 ±0,01 c	0,72 ±0,01 b
VGf ^w	0,07 ±0,01 d	0,77 ±0,01 a
VGf+CAC (3:1)	0,12 ±0,01 c	0,72 ±0,01 b
VGf+CAC (1:1)	0,06 ±0,01 d	0,67 ±0,01 c
VGf+CAC (1:3)	0,02 ±0,01 e	0,48 ±0,01 e
BC ^v +TF ^t (3:2)	0,19 ±0,01 b	0,58 ±0,01 d

^zMédia ± erro padrão; Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar; ^tTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.



Figura 3.2 – Plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em diferentes estádios de desenvolvimento. Foto: Paulo Dornelles.

Tabela 3.3 - Comprimento de caule (CC), diâmetro do coleto (DC), relação entre CC e DC (CCDC) e número de folhas em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em diferentes dias após a semeadura (DAS).

DAS	CC (cm)	DC (mm)	CCDC (cm cm ⁻¹)	Número de folhas
39	6,5 ±0,28 b ^z	3,02 ±0,05 c	21,0 ±0,71 b	5,5 ±0,10 c
64	9,4 ±0,35 a	3,34 ±0,07 b	27,1 ±0,68 a	6,8 ±0,12 b
89	10,0 ±0,37 a	3,61 ±0,08 a	27,2 ±0,66 a	7,5 ±0,14 a

^zMédia ± erro padrão; Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar; ^tTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

O comprimento do caule (CC) aos 89 DAS foi maior nos substratos Bioplant[®], Mecplant[®]+CAC, BC+TF, VGF+CAC (3:1) e VGF+CAC (1:1), sendo esses superiores aos demais. As demais características de crescimento das mudas, DC, NF, AF, MSF, MSC, MSR e MST não foram influenciadas pelos substratos de cultivo (Tabela 3.4 e 3.5). Segundo Gomes et al. (2002) o comprimento do caule é um bom parâmetro para avaliar a qualidade de mudas, sendo uma característica fácil de ser avaliada, além de

não destrutiva. Mostrando com isso que os substratos VGF e VGF+CAC (1:3), produziram mudas de qualidade inferior, em relação aos demais, uma vez que os índices de qualidade RPA, CCDC e IQD não mostraram diferenças (Tabela 3.6).

Tabela 3.4 - Comprimento de caule (CC), diâmetro do coleto (DC) número de folhas (NF) e área foliar (AF) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função de diferentes substratos aos 89 dias, após a semeadura.

Substrato	CC (cm)	DC (mm)	NF	AF (cm ²)
Bioplant [®]	10,8 ±2,1 a ^z	3,68 ±0,42 ^y	7,2 ±0,8 ^y	139,4 ±34,3 ^y
Mecplant [®] +CAC ^x (7:3)	10,2 ±2,0 a	3,69 ±0,44	7,6 ±0,9	143,2 ±34,9
VGF ^w	8,7 ±1,8 b	3,48 ±0,49	6,9 ±0,6	107,8 ±26,6
VGF+CAC (3:1)	11,2 ±2,2 a	3,70 ±0,47	7,8 ±0,7	135,2 ±32,0
VGF+CAC (1:1)	10,6 ±2,5 a	3,73 ±0,41	7,5 ±0,8	126,2 ±34,5
VGF+CAC (1:3)	8,1 ±1,2 b	3,28 ±0,31	7,6 ±0,7	101,0 ±21,1
BC ^v +TF ^t (3:2)	10,0 ±1,7 a	3,72 ±0,51	7,6 ±0,6	138,6 ±32,8

^zMédia ± erro padrão as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^yMédia ± erro padrão as médias não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar; ^tTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

Tabela 3.5 - Massa seca de folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) em plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função de diferentes substratos.

Substrato	MSF	MSC	MSR	MST
	g			
Bioplant [®]	0,72 ±0,17 ^y	0,59 ±0,19 ^y	0,63 ±0,13 ^y	1,94 ±0,46 ^y
Mecplant [®] +CAC ^x (7:3)	0,76 ±0,13	0,52 ±0,15	0,67 ±0,13	1,95 ±0,39
VGF ^w	0,62 ±0,16	0,48 ±0,18	0,53 ±0,14	1,63 ±0,46
VGF+CAC (3:1)	0,90 ±0,25	0,70 ±0,22	0,80 ±0,20	2,40 ±0,64
VGF+CAC (1:1)	0,74 ±0,22	0,61 ±0,19	0,70 ±0,19	2,05 ±0,57
VGF+CAC (1:3)	0,58 ±0,14	0,44 ±0,10	0,62 ±0,13	1,63 ±0,32
BC ^v +TF ^t (3:2)	0,77 ±0,19	0,49 ±0,14	0,51 ±0,13	1,77 ±0,44

^yMédia ± erro padrão as médias não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar; ^tTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

As plantas não apresentaram diferenças entre si, para as concentrações foliares dos nutrientes Mg, S, Fe, Cu e Zn. A maior concentração foliar de N (Tabela 3.7) foi encontrada nas plantas desenvolvidas em BC+TF. Para os nutrientes P e K, além do BC+TF as plantas dos substratos Mecplant[®]+CAC e Bioplant[®] mostraram as maiores concentrações, já o Ca foi superior em plantas crescidas em BC+TF e Mecplant[®]+CAC. Já para os micronutrientes B e Mn, (Tabela 3.8) as plantas desenvolvidas no

Mecplant[®]+CAC apresentaram as maiores contrações foliares, juntamente com o Bioplant[®] para o elemento B.

Tabela 3.6 - Relação entre raiz e parte aérea (RPA), relação entre comprimento do caule e diâmetro do coleto (CCDC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em plantas de caju-de-árvore-de-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função de diferentes substratos.

Substrato	RPA g g ⁻¹	CCDC cm cm ⁻¹	IQD
Bioplant [®]	0,55 ±0,10 ^y	28,5 ±3,3 ^y	0,39 ±0,08 ^y
Mecplant [®] +CAC ^x (7:3)	0,55 ±0,06	26,8 ±3,2	0,43 ±0,08
VGF ^w	0,51 ±0,07	24,8 ±3,7	0,36 ±0,09
VGF+CAC (3:1)	0,55 ±0,07	29,4 ±3,6	0,48 ±0,11
VGF+CAC (1:1)	0,61 ±0,15	27,0 ±4,2	0,42 ±0,09
VGF+CAC (1:3)	0,64 ±0,09	24,1 ±2,2	0,40 ±0,08
BC ^v +TF ^l (3:2)	0,43 ±0,04	27,5 ±3,7	0,34 ±0,08

^yMédia ± erro padrão as médias não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar; ^lTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

As maiores concentrações foliares dos nutrientes N, K, P, Ca, B e Mn foi observadas nas plantas dos substratos BC+TF, Bioplant[®] e Mecplant[®]+CAC. Isso é justificado pelo fato dos substratos comerciais receberem fertilizante, segundo informações do fabricante, já no caso do BC+TF o mesmo possui cerca de 40% de torta de filtro de cana-de-açúcar, sendo esse muitas vezes usado como adubo orgânico (FIDALSKI & CHAVES, 2010; SANTANA et al., 2012).

Pela dificuldade de encontrar valores de referência das concentrações foliares de nutrientes, para comparar com os encontrados no presente estudo, estes foram comparados aos relatados por Crisóstomo & Naumov (2009) na espécie *Anacardium occidentale* L., no Brasil. Dos micronutrientes quantificados no presente trabalho somente o Zn esteve em concentrações adequadas para as plantas cultivadas em todos os substratos, e o Mn para Mecplant[®]+CAC. O Fe foi o único nutriente que apresentou concentrações acima do intervalo adequado, podendo inclusive estar em níveis tóxicos. O B e o Cu mostraram concentrações inferiores ao *A. occidentale* L., em todos os substratos. Já os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S apresentaram valores dentro ou próximos aos intervalos apropriados para caju (*A. occidentale* L.). Observa-se que a principal diferença entre as plantas cultivadas nos substratos estudados é quanto às características nutricionais.

Tabela 3.7 - Concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum*Rizz.) em função de diferentes substratos.

Substrato	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg g ⁻¹					
Bioplant [®]	1,65 ±0,05 b ^z	0,35 ±0,04 a	0,83 ±0,09 a	0,73 ±0,35 b	0,14 ±0,12 a	0,11 ±0,01 a
Mecplant [®] +CAC ^x (7:3)	2,03 ±0,07 b	0,40 ±0,04 a	0,80 ±0,07 a	1,38 ±0,41 a	0,38 ±0,01 a	0,09 ±0,02 a
VGF ^w	1,93 ±0,23 b	0,21 ±0,01 b	0,52 ±0,03 b	0,93 ±0,10 b	0,26 ±0,12 a	0,11 ±0,02 a
VGF+CAC (3:1)	1,58 ±0,10 b	0,18 ±0,01 b	0,60 ±0,04 b	0,71 ±0,02 b	0,27 ±0,12 a	0,09 ±0,01 a
VGF+CAC (1:1)	1,82 ±0,18 b	0,19 ±0,01 b	0,60 ±0,09 b	0,76 ±0,08 b	0,29 ±0,12 a	0,11 ±0,01 a
VGF+CAC (1:3)	1,70 ±0,12 b	0,21 ±0,01 b	0,53 ±0,02 b	0,86 ±0,09 b	0,26 ±0,11 a	0,10 ±0,01 a
BC ^v +TF ^t (3:2)	2,47 ±0,14 a	0,35 ±0,05 a	0,75 ±0,05 a	1,82 ±0,17 a	0,36 ±0,01 a	0,10 ±0,01 a

^zMédia ± erro padrão as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar; ^tTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

Tabela 3.8 - Concentração foliar de boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) em caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum*Rizz.) em função de diferentes substratos.

Substrato	B	Cu	Mn	Zn	Fe
	mg g ⁻¹				
Bioplant [®]	43,3 ±13,0 a ^z	6,27 ±0,68 a	65,7 ±6,8 b	28,2 ±3,9 a	273,2 ±58,1 a
Mecplant [®] +CAC ^x (7:3)	42,8 ±7,2 a	4,99 ±0,76 a	159,1 ±17,1 a	24,4 ±1,2 a	186,8 ±67,6 a
VGF ^w	15,5 ±7,9 b	6,19 ±0,28 a	28,8 ±3,1 b	24,6 ±0,9 a	298,3 ±48,1 a
VGF+CAC (3:1)	13,4 ±6,5 b	6,40 ±0,25 a	31,7 ±6,8 b	22,6 ±0,6 a	333,8 ±80,9 a
VGF+CAC (1:1)	18,8 ±7,1 b	6,68 ±0,53 a	40,4 ±3,1 b	25,0 ±1,1 a	275,4 ±31,2 a
VGF+CAC (1:3)	19,5 ±6,6 b	5,88 ±0,46 a	43,2 ±6,9 b	24,7 ±1,0 a	247,4 ±22,6 a
BC ^v +TF ^t (3:2)	22,6 ±5,1 b	6,04 ±0,19 a	12,1 ±1,5 b	24,8 ±0,5 a	375,1 ±59,5 a

^zMédia ± erro padrão; Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^xCasca de arroz carbonizada; ^wVermiculita de granulometria fina; ^vBagaço de cana-de-açúcar; ^tTorta de filtro de usina cana-de-açúcar.

3.4. CONCLUSÕES

Os resíduos da agroindústria sucroalcooleira, bagaço de cana e torta de filtro, mostraram ser promissores para uso como substratos.

As mudas de caju-de-árvore-do-cerrado apresentaram qualidade igual, perante o uso de diferentes substratos.

O substrato bagaço de cana mais a torta de filtro de cana apresentou as maiores concentrações de macronutrientes, seguido pelo Mecplant[®]+Casca de arroz carbonizada e Bioplant[®].

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO NETO, S.E.; AZEVEDO, J.M.A.; GALVÃO, R.O.; OLIVEIRA, E.B.L.; FERREIRA, R.L.F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1408-1413, 2009.

ASSIS, K.C.; PEREIRA, F.D.; ALBERTO, P.S.; SILVA, F.G.; SILVA, J.W.; MENEZES, C.C.E. *In vitro* cultivation of *Anacardium othonianum* Rizz. Effects of growth regulator explant orientation and lighting. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v.11, n.7, p.1559-1566, 2012.

BENECH-ARNOLD, R.L.; SÁNCHEZ, R.A. **Handbook of seed - physiology applications to agriculture**. New York: The Haworth Press, Inc., 2004. 480p.

CRISÓSTOMO, L.A.; NAUMOV, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: Fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 238p.

DANTAS, B.F.; LOPES, A.P.; SILVA, F.F.S. da; LUCIO, A.A.; BATISTA, P.F.; PIRES, M.M.M. L.; ARAGÃO, C.A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.3, p.413-423, 2009.

De BOODT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Method for measuring the water release curve of organic substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.37, p.2054-2062. 1974.

DICKSON, A. LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, Toronto, v.36, p.10-13, 1960.

FERMINO, M. H.; GONÇALVES, R.S.; BATTISTIN, A.; SILVEIRA, J.R.P.; BUSNELLO, A.C.; TREVISAM, M. Aproveitamento dos resíduos da produção de

conserva de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.28, n.3, p.282-286, 2010.

FERRAZ, M.V.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.2, p.209-214, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIDALSKI, J.; CHAVES, J.C.D. Resposta do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) IAPAR-59 a aplicação superficial de resíduos orgânicos em um latossolo vermelho distroferico típico. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n.1, p.75-86. 2010.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GRIGATTI, M.; GIORGIONI, M.E.; CIAVATTA, C. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. **Bioresource Technology**, v.98, p.3526-3534, 2007.

GUARIM NETO, G.; MORAIS, R.J. Recursos medicinais de espécies do Cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v.17, n.4, p. 561-584, 2003.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.1069-1076. 2004.

LIMA, A.A.C.; OLIVEIRA, F.N.S.; AQUINO, A.R.L. Solos. In: BARROS, L.M. (ed.). **Caju. Produção: Aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.26-31, 2002.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fósforo, 1997. 319p.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; ALBUQUERQUE, M.B.; SILVA JUNIOR, J.F. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plantas de mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.15-18, 2003.

PAIVA, J.R.; CRISÓSTOMO, J.R.; BARROS, L.M. **Recursos Genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, (Documentos, 65), 2003. 43p.

ROSA, M. E. C. da; NAVES, R. V.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. de. Produção e crescimento de mudas demangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) em diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n.2, p.65-70, 2005.

SAIDELLES, F.L.F.; CALDEIRA, M.V.W.; SCHIRMER, W.N.; SPERANDIO, H.V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-damata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, suplemento 1, p.1173-1186, 2009.

SANTANA, C.T.C; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M.L.; MENEZES, C.B. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.22-29, 2012.

SANTOS, A.C.P.; BALDOTTO, P.V.; MARQUES, P.A.A.; DOMINGUES, W.L.; PEREIRA, H.L. Utilização de torta de filtro como substrato para a produção de mudas de hortaliças. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.1, n.2, p.1-5. 2005.

SILVA, D.B.; SILVA, J.A.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.M. de. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2001. 179p.

SILVA, E.A.; MARUYAMA, W.I.; OLIVEIRA, A.C.; BARDIVIESSO, D.M. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.925-929, 2009.

SILVA, L.A.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos GO, bacia do Rio Paraná). **Acta Botânica Brasileira**. Feira de Santana, v.17, n.2, p. 305-313, 2003.

SILVA, M.R.; LACERDA, B.C.L.; SANTOS, G.G.; MARTINS, D.M.O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.1790-1793, 2008.

SOUZA, O.A.; NASCIMENTO, J.L.; NAVES, R.V.; BORGES, J.D. Propagação sexuada de pequi (*Caryocar brasiliense* (Camb.): efeito da procedência de frutos e do ácido giberélico na emergência de plântulas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.131-136, 2007.

TERRA, S.B.; FERREIRA, A.A.F.; PEIL, R.M.N.; STUMPF, E.R.T.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z.; CAVALCANTE, I. H.L. Alternative substrates for growth production of potted chrysanthemum (cv. Funny). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.465-471, 2011.

CONCLUSÕES GERAIS

- Os substratos apresentaram características físicas variáveis.
- Matéria-prima como bagaço de cana-de-açúcar mais torta de filtro de usina de cana-de-açúcar mostraram condições favoráveis para o desenvolvimento de mudas de caju-de árvore-do-cerrado, assim como BioPlant[®].
- As combinações de vermiculita de granulometria fina e casca de arroz carbonizada apresentaram as menores concentrações foliares de macro e micronutriente.
- A qualidade das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado não foi influenciada pelas propriedades físicas dos substratos.