

Uso do Biocarvão como Fator de Sobrevivência e Desenvolvimento de Plantas Enxertadas de Cajueiro-anão no Primeiro Ano de Implantação do Pomar



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
195**

**Uso do Biocarvão como Fator de
Sobrevivência e Desenvolvimento de
Plantas Enxertadas de Cajueiro-anão no
Primeiro Ano de Implantação do Pomar**

Rubens Sonsol Gondim
Luiz Augusto Lopes Serrano
Aline de Holanda Nunes Maia
Carlos Alberto Kenji Taniguchi
Francisco das Chagas Vidal Neto
Levi de Moura Barros
Janderson Pedro da Silva
Tácito Almeida Araújo

***Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2019***

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
*Marlos Alves Bezerra, Ana Cristina Portugal
Pinto de Carvalho, Deborah dos Santos Garruti,
Dheyne Silva Melo, Ana Iraidy Santa Brigida,
Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial
Ana Elisa Galvão Sidrim

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
José Cesamildo Cruz Magalhães

Fotos da capa
Rubens Sonsol Gondim

1ª edição
On-line (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Uso do biocarvão como fator de sobrevivência e desenvolvimento de plantas enxertadas de cajueiro-anão no primeiro ano de implantação do pomar / Rubens Sonsol Gondim... [et al.]. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2019.

22 p. : il. ; 16 cm x 22 cm – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 195).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Anacardium occidentale*. 2. Plantas enxertadas. 3. Biocarvão. I. Gondim, Rubens Sonsol. II. Serrano, Luiz Augusto Lopes. III. Maia, Aline de Holanda Nunes. IV. Taniguchi, Carlos Alberto Kenji. V. Neto, Francisco das Chagas Vidal. VI. Barros, Levi de Moura. VII. Silva, Janderson Pedro da. VIII. Araújo, Tácito Almeida. IX. Série.

CDD 634.573

Sumário

Resumo.....4

Abstract.....6

Introdução.....7

Material e Métodos.....9

Resultados e Discussão.....12

Conclusões.....20

Agradecimentos.....20

Referências.....20

Uso do Biocarvão como Fator de Sobrevivência e Desenvolvimento de Plantas Enxertadas de Cajueiro-anão no Primeiro Ano de Implantação do Pomar

Rubens Sonsol Gondim¹

Luiz Augusto Lopes Serrano²

Aline de Holanda Nunes Maia³

Carlos Alberto Kenji Taniguchi⁴

Francisco das Chagas Vidal Neto⁵

Levi de Moura Barros⁶

Janderson Pedro da Silva⁷

Tácito Almeida Araújo⁸

Resumo - O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do biocarvão na sobrevivência e no desenvolvimento de plantas enxertadas de dois clones de cajueiro-anão (*Anacardium occidentale*), CCP 76 e BRS 226, no primeiro ano de implantação do pomar. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Pacajus, CE. O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso envolvendo dois clones de cajueiro-anão e cinco doses de biocarvão por cova de plantio: 0,0 kg; 0,5 kg; 1,0 kg; 2,0 kg; e 4,0 kg. As variáveis analisadas foram: porcentagem de sobrevivência e desenvolvimento biométrico das plantas (diâmetro do caule a 5,0 cm do solo, envergadura da copa e altura).

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Recursos Hídricos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção de Plantas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

³ Engenheira-agrônoma, mestra em Estatística, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁶ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁷ Estudante de Agronomia, Estagiário Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁸ Estudante de Agronomia, Estagiário Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

A análise estatística considerou os efeitos de doses e de clones. A taxa de sobrevivência das plantas foi menor para a testemunha (37,4%), quando comparada à da dose máxima (4,0 kg cova⁻¹) de biocarvão (56,1%). Houve também efeito do clone na sobrevivência das plantas, sendo superior o CCP 76 (60,0%) em relação ao BRS 226 (37,5%). Não houve evidência de efeito das doses de biocarvão sobre o desenvolvimento biométrico das plantas em nenhum dos clones avaliados.

Termos para indexação: *Anacardium occidentale* L., sobrevivência, biocarvão.

Biochar Use as Survival and Plant Initial Development Factor in Dwarf Cashew Grafted Plants During the First Year of Orchard Implementation

Abstract - This study had as objective to evaluate biochar effect on two dwarf cashew (*Anacardium occidentale*) grafted clones CCP 76 e BRS 226 on plant development and survival, during first year orchard implementation. The experiment was conducted at Embrapa Agroindústria Tropical experimental station, Pacajus, Ceará, Brazil. Experimental design was randomized blocks involving the two clones and five levels of biochar per pit: 0.0 kg; 0.5 kg; 1.0 kg; 2.0 kg and 4.0 kg. The analyzed variables were plant survival and biometric development (stem diameter 5.0 cm above soil, canopy width and plant height). Statistical analysis was done to test biochar dose and clone effect. Plant survival was lower to witness treatment (37,4%) compared to highest biochar level treatment (4.0 kg pit⁻¹) (56.15%). Clone effect was also detected on plant survival, which was higher on CCP 76 clone (60.0%) compared to BRS 226 (37.5%). There was no biochar dose significance evidence found on plant biometric development on none of the evaluated clones.

Index terms: irrigation, *Anacardium occidentale* L., survival, biochar.

Introdução

De acordo com dados da safra de 2017, numa área de 488.491 ha, a produção de castanha-de-caju in natura foi de 133.465 t, posicionando o Brasil como 9º maior produtor mundial, após Vietnã, Índia, Costa do Marfim, Filipinas, Tanzânia, Guiné Bissau, Benin e Moçambique. Entretanto, em relação à produção de pedúnculos, foi o 1º produtor mundial, com 1.232.242 t colhidas numa área de 549.047 ha (FAO, 2019).

A região Nordeste do Brasil concentra 98% da produção nacional de castanha-de-caju, sendo o Ceará o maior produtor, com participação de 83,0 mil toneladas, o que corresponde a 58,7% da safra colhida em 2018 (IBGE, 2019).

A área de produção de caju no Nordeste abrange Neossolos Quartzarênicos, com reduzida capacidade de retenção hídrica e baixo conteúdo de matéria orgânica. Essas características ocorrem devido às altas temperaturas e à elevada atividade microbiana, que favorecem a decomposição muito rápida dos resíduos vegetais.

A implantação de pomares em sistema de sequeiro é um desafio para a cajucultura. Isso se deve à irregularidade do regime pluviométrico, em volume, à distribuição temporal e espacial, ao curto período chuvoso (4 meses), com longo período de estiagem no resto do ano (agosto a dezembro), e à incerteza do início das chuvas (janeiro a março) na região Nordeste.

Uma das formas de adaptação da fruticultura de sequeiro à variabilidade de chuvas no Nordeste pode ser o aumento da retenção hídrica no solo, a fim de propiciar o crescimento do sistema radicular e permitir maior desenvolvimento e elevação do índice de sobrevivência das plantas, especialmente na implantação de pomares, quando elas são mais vulneráveis.

Apesar de o cajueiro apresentar certa tolerância à seca, a água é considerada o principal fator limitante ao desenvolvimento e à produção da cultura (Carr, 2014). Como decorrência, observa-se que é comum a mortalidade de plantas recém-plantadas em pomares sob sequeiro. Isso poderia ser evitado, ou reduzido, por meio de práticas que visem ao aumento de retenção hídrica no solo e plantio na época das chuvas. Além disso, plantas enxertadas sofrem o estresse da mudança de ambiente do viveiro

para o campo. Segundo Parente e Oliveira (1995), a taxa de replantio de mudas enxertadas de cajueiro-anão, em regime de sequeiro, normalmente chega a 25%, considerando-se o plantio no início das chuvas e sob condições normais de precipitação, valor elevado quando se compara com diferentes frutíferas ou outras espécies cultivadas.

Dentre os clones de cajueiro-anão da Embrapa, o CCP 76 é o mais cultivado no Brasil devido às qualidades do pedúnculo, além de sua fácil adaptação a diferentes ambientes, sequeiro e irrigado. É recomendado tanto para o mercado de caju de mesa (pedúnculo) como de amêndoa. Já o BRS 226 é indicado para a produção de castanha em cultivo de sequeiro no semiárido. No entanto, nos últimos anos, os pedúnculos são integralmente aproveitados nos mercados de polpas para sucos e na produção de cajuína. Além disso, esse clone tem como principal característica a resistência à resinose [*Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon], doença muito importante para a cultura no semiárido do Piauí (Vidal Neto et al., 2013).

O biocarvão é obtido a partir da pirólise da biomassa, podendo ser mesoporoso ou microporoso, dependendo do material de origem e das condições de produção (Nanda et al., 2016). Possui diversas aplicações, tais como remediação ambiental em tratamento de água e sequestro e crédito de carbono, pela sua estabilização. O sequestro de carbono orgânico no solo é um processo importante para mitigação de emissões de CO₂ (Novak et al., 2007).

Na agricultura, atua como condicionador de solo, pela nutrição de plantas e retenção hídrica. Registros são encontrados na literatura sobre as vantagens na utilização do biocarvão, tais como aumento da microbiota dos solos (Lehmann et al., 2011), elevação dos níveis de nutrientes disponíveis (Major et al., 2010) e aumento da capacidade de retenção hídrica nos solos (Kammann et al., 2011). Esses efeitos ocorrem principalmente pela conservação da estrutura porosa no biocarvão, a qual promove a retenção de água, o povoamento dos poros pela microbiota, assim como a retenção de nutrientes.

Vinh et al. (2015) utilizaram biocarvão de casca de arroz em plantas de cajueiro com seis anos de idade e relataram aumento da umidade do solo apenas na profundidade de aplicação (0,20 m). Esses autores consideraram que o efeito desejável, aumento da umidade do solo, seria possível desde

que nova aplicação de biocarvão fosse feita à medida que as mudas se desenvolviam e o sistema radicular penetrava no solo.

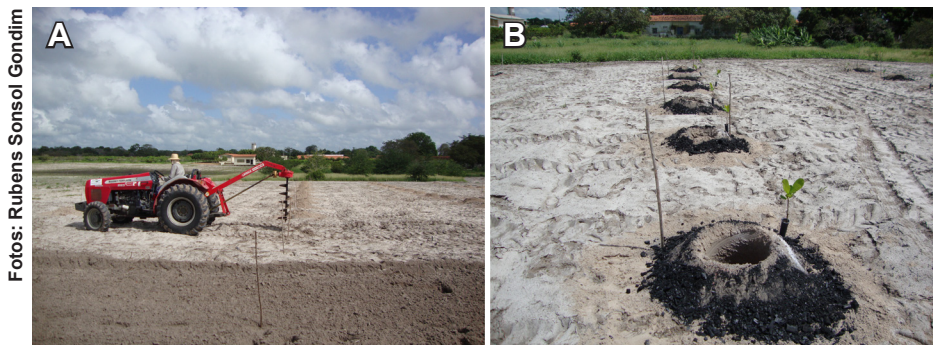
O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do biocarvão, aplicado na cova de plantio em dois clones de cajueiro-anão (CCP 76 e BRS 226), no desenvolvimento e na sobrevivência das plantas no primeiro ano de implantação do pomar.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus (CEP) da Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Pacajus, CE, 4° 10' S e 38° 27' W e altitude de 60 m, por um período de 365 dias, de 29 de março de 2017 a 26 de março de 2018. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é especificado como quente e subúmido do tipo Aw. O solo da área experimental foi identificado por Lima et al. (2002) como Neossolo Quartzarênico (Santos et al., 2013).

Foram abertas covas com 0,50 m de circunferência e 0,40 m de profundidade por meio de perfurador acoplado ao trator (Figura 1A). Em cada cova, foram aplicados 70 g de calcário dolomítico. Foram misturados ao solo que preencheu as covas: 300 g.cova⁻¹ de superfosfato simples; 50 g.cova⁻¹ de cloreto de potássio; e 50 g.cova⁻¹ de FTE BR 12. Ao total, foram plantadas 240 plantas enxertadas de cajueiro-anão (*Anacardium occidentale*), produzidas no viveiro do CEP, seguindo-se o protocolo descrito por Serrano e Cavalcanti Júnior (2016), sendo metade de cada clone (BRS 266 e CCP 76) em espaçamento de 8,0 metros entre fileiras e 4,0 metros entre plantas, totalizando 24 plantas por tratamento.

Os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 corresponderam ao plantio de plantas de cajueiro-anão BRS 226 com aplicação de resíduo de biocarvão comercial (originada da queima de madeira de eucalipto, adquirido no mercado de Fortaleza) em partículas de aproximadamente 2 mm a 4 mm de diâmetro, nas seguintes quantidades por cova: 0,0 kg; 0,5 kg; 1,0 kg; 2,0 kg; e 4,0 kg, respectivamente (Figura 1B). Os tratamentos T6, T7, T8, T9 e T10 corresponderam ao plantio de plantas de CCP 76, também com aplicação de resíduo de biocarvão comercial em partículas, nas mesmas quantidades por cova.



Fotos: Rubens Sonsol Gondim

Figura 1. Abertura das covas, por meio de perfurador acoplado ao trator, para plantio de plantas de cajueiro-anão (A) e aplicação do biocarvão às covas de plantio (B) no Campo Experimental de Pacajus, da Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus, CE.

A aplicação do biocarvão na cova foi realizada manualmente, utilizando-se recipientes plásticos de peso do conteúdo previamente conhecido.

A partir de 45 dias após o plantio, as plantas foram adubadas em cobertura com 177 g de ureia e 233 g de cloreto de potássio, em três parcelas espaçadas a cada 20 dias.

O controle de ervas daninhas foi realizado durante todo o período experimental por meio do coroamento manual ao redor das plantas, seguido de roçagem mecânica nas entrelinhas.

Tensiômetros de cápsula porosa foram instalados (1 por tratamento), na profundidade de 15 cm do solo, representando a camada de 0 cm a 30 cm. Leituras diárias da tensão de umidade no solo foram obtidas às 9 h da manhã, no período de 01/06/17 até 29/03/2018, para o monitoramento do nível de umidade no solo. Não foram utilizadas, porém, como indicativo do momento de irrigar as plantas.

O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso com 10 tratamentos e 4 repetições de 6 plantas, com fatores arranjos num esquema fatorial 2 x 5: dois clones de cajueiro-anão e cinco doses de biocarvão. Cada bloco ocupou área de 180 m x 40 m. Foram avaliadas as características biométricas: diâmetro do caule a 5,0 cm do solo, envergadura da copa, medindo-se no sentido do maior comprimento e altura, bem como a sobrevivência das plantas um ano após a implantação.

As precipitações no período de 29/03/2017 a 26/03/2018 no local do experimento totalizaram 738 mm. Já a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith – FAO (Allen et al., 1998) acumulou 1.434 mm (Figura 2), havendo, portanto, déficit hídrico, o qual foi amenizado por irrigação de salvação, aplicando-se quantidade fixa de 8 L de água por planta por semana, de uma só vez, após a estação chuvosa (agosto a dezembro).

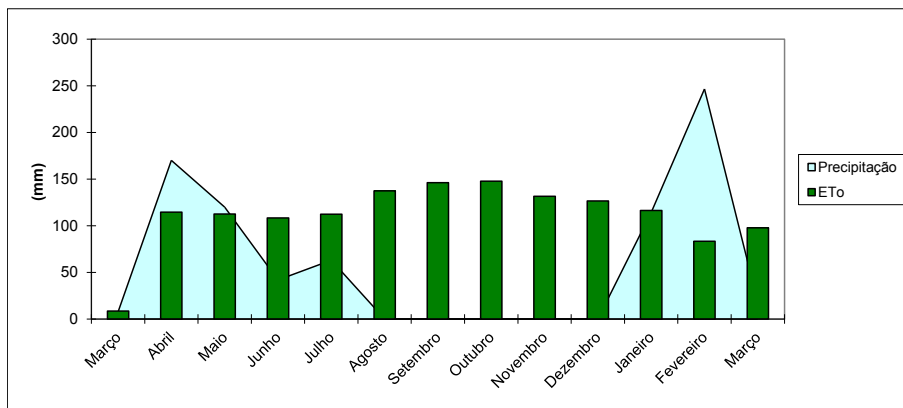


Figura 2. Precipitação e evapotranspiração de referência (ETo) (mm) estimada pelo método de Penman-Monteith – FAO, no período do experimento (29/03/2017 a 26/03/2018), conduzido no Campo Experimental de Pacajus, CE.

Foram consideradas as seguintes variáveis biométricas: diâmetro do caule a 5,0 cm do solo, envergadura da copa e altura de plantas, bem como os efeitos da dose de biocarvão e do clone no desenvolvimento das plantas. As taxas de sobrevivência em cada tratamento foram expressas como a porcentagem de plantas vivas, no final do experimento, em relação ao total inicial de plantas. As taxas médias de sobrevivência foram estimadas pelo método de quadrados mínimos ponderados (Agresti, 1992). Para as características biométricas, foram utilizados testes F de Snedecor, qui-quadrado de Wald e análise de variância. As análises foram realizadas utilizando-se os procedimentos CATMOD e o GLM do SAS/STAT® (2011).

Resultados e Discussão

Um ano após o plantio, os efeitos dos tratamentos com diferentes doses de biocarvão para as variáveis biométricas analisadas (diâmetro do caule, envergadura da copa e altura das plantas) não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Não houve, portanto, evidência suficiente de efeito da dose, do clone, nem de sua interação (teste F, $p > 0,19$; Tabela 1). A Tabela 2 apresenta as médias das variáveis biométricas de cada tratamento aplicado após 12 meses de plantio.

Tabela 1. Análise de variância das características biométricas dos clones enxertados de cajueiro-anão BRS 226 e CCP 76, submetidos a diferentes doses de biocarvão, aos 362 dias após o plantio no Campo Experimental de Pacajus, CE.

Variável resposta	Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Valor p*	CV** (%)
Diâmetro do caule (mm)	Bloco	3	2,18	0,11	0,9555	20,49
	Clone	1	0,17	0,01	0,9294	
	Dose	4	21,28	1,04	0,4118	
	Clone*Dose	4	9,24	0,45	0,7712	
Envergadura da copa (cm)	Bloco	3	1959,84	5,96	0,0042	26,63
	Clone	1	20,07	0,06	0,8072	
	Dose	4	274,68	0,84	0,5177	
	Clone*Dose	4	215,08	0,65	0,6302	
Altura da planta (cm)	Bloco	3	392,66	3,38	0,0376	15,42
	Clone	1	210,85	1,81	0,1926	
	Dose	4	157,85	1,36	0,2824	
	Clone*Dose	4	172,79	1,49	0,2423	

* Nível de significância nominal do teste F.

** Coeficiente de variação: medida da variabilidade que não é explicada pelo modelo, mas resultante do erro experimental.

Tabela 2. Estimativas das médias e respectivos erros-padrão das características biométricas dos clones enxertados de cajueiro-anão BRS 226 e CCP 76, submetidos a diferentes doses de biocarvão, aos 362 dias após o plantio no campo em Pacajus, CE.

Variável	Clone	Biocarvão (kg cova ⁽¹⁾)	Média ⁽¹⁾	Erro-padrão
Diâmetro do caule (mm)	BRS 226	0,00	18,64	2,34
		0,50	21,91	3,31
		1,00	24,60	2,65
		2,00	23,27	2,66
		4,00	22,56	2,27
	CCP 76	0,00	20,37	2,66
		0,50	21,98	2,27
		1,00	21,38	2,27
		2,00	26,22	2,66
		4,00	21,75	2,27
Envergadura da copa (cm)	BRS 226	0,00	57,79	9,37
		0,50	63,64	13,24
		1,00	82,15	10,62
		2,00	75,67	10,65
		4,00	65,85	9,06
	CCP 76	0,00	60,04	10,64
		0,50	70,36	9,06
		1,00	60,29	9,06
		2,00	79,35	10,65
		4,00	67,18	9,06
Altura da planta (cm)	BRS 226	0,00	64,17	5,57
		0,50	61,45	7,88
		1,00	73,83	6,32
		2,00	69,90	6,34
		4,00	66,10	5,39
	CCP 76	0,00	63,12	6,33
		0,50	75,68	5,39
		1,00	64,63	5,39
		2,00	86,42	6,34
		4,00	71,11	5,39

⁽¹⁾ Média de 24 plantas.

Embora no presente estudo as variáveis biométricas analisadas não tenham apresentado diferenças significativas, Padhi et al. (2012) reportam expressivos aumentos na altura e circunferência do caule de plantas de cajueiro, após 24 meses de cultivo em vasos mantidos em viveiro de ambiente aberto em local de clima úmido, em Similiguda, na Índia. Esses autores utilizaram cinza de carvão oriunda de termoelétricas na proporção de 50% de carvão + 50% de solo. Sendo assim, é possível que efeito do uso do biocarvão possa ser detectado numa avaliação a partir de 24 meses após o plantio das plantas. O benefício foi atribuído ao aumento da umidade disponível no solo e ao meio favorável ao crescimento, pois, durante a implantação de um pomar, as plantas são sensíveis à falta de água e à compactação do solo. Padhi et al. (2012), porém, constataram que doses acima de 50% de cinza de carvão não foram favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

Apesar de não terem aplicado biocarvão, os valores aqui descritos estão coerentes com relatos de Martinotto et al. (2012) sobre diâmetros médios do caule e altura em plantas de 25,8 mm e 77 cm, respectivamente, em cajueiro-comum propagado via sementes (pé franco), com 12 meses de idade, no cerrado do Mato Grosso, com sobrevivência de 100% das plantas. Por outro lado, Paiva et al. (2008) reportam que plantas de cajueiro-comum apresentaram diâmetro de caule superior às de cajueiro-anão.

As estimativas dos parâmetros correspondem à sobrevivência média, considerando-se todos os níveis do fator clone ou dose de biocarvão (Intercepto) e os efeitos diferenciais de $n-1$ níveis de cada fator em relação à sobrevivência média. Como a soma das diferenças das médias dos níveis em relação à média geral é zero, o efeito diferencial para o nível que não aparece na Tabela 3 é obtido pela soma dos efeitos diferenciais dos demais níveis do fator considerado (Tabela 3).

Assim, o clone BRS 226 foi comparado com a sobrevivência média dos dois clones e os níveis de 0 a 2 kg cova⁻¹ de biocarvão, com a sobrevivência média de todas as doses. A taxa de sobrevivência de plantas, considerando-se a média dos dois clones avaliados, foi menor para o controle (dose 0; $48,68 - 11,66 = 37,4$) quando comparada à sobrevivência da dose máxima (4 kg cova⁻¹) de biocarvão foi 56,1% [$48,68 - (-0,84 + 1,32 + 3,35)$] (teste qui-quadrado de Wald, $p = 0,06$, Tabela 3)]. Para as demais doses, os valores não

diferiram do obtido com a dose máxima de biocarvão (teste qui-quadrado de Wald, $p > 0,60$) (Tabelas 3 e 4).

A taxa de sobrevivência média estimada do clone BRS 226, em torno de 37%, (48,68% - 11,66%), foi cerca de metade da taxa para o CCP 76 (48,68% + 11,66% = 60,34%), que corresponde ao nível de referência no modelo de análise de variância (teste qui-quadrado de Wald, $p = 0,0002$, Tabela 3). A sobrevivência estimada das plantas de cajueiro-anão variou de 25,72% a 67,81%, com erro-padrão das estimativas da ordem de 7%. (Tabela 4). Esses resultados indicam que a quantidade de água aplicada (8 L semana⁻¹) demonstrou ser insuficiente para a maior sobrevivência das plantas no primeiro ano após o transplântio.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos dos fatores e dose de biocarvão na taxa de sobrevivência (%) das plantas enxertadas de cajueiro-anão, aos 362 dias após o plantio no campo, obtidas pelo método de quadrados mínimos ponderados.

Efeito	Nível do fator	Estimativa (%)	Erro-padrão (%)	Qui-quadrado	Valor p ^a
Intercepto	-	0,4868	0,0308	249,15	< 0,0001
Clone	BRS 226	-0,1166	0,0308	14,32	0,0002***
	0,0	-0,1130	0,0603	3,51	0,0611*
Dose de biocarvão (kg cova ⁻¹)	0,5	-0,0084	0,0617	0,02	0,8917
	1,0	0,0132	0,0594	0,05	0,8241
	2,0	0,0335	0,0634	0,28	0,5976

^a Níveis de significância nominais do teste qui-quadrado de Wald para as hipóteses nulas associadas a cada parâmetro.

* Efeito significativo ao nível de 0,10.

*** Efeito significativo ao nível de 0,001.

Tabela 4. Sobrevivência de plantas enxertadas de cajueiro-anão, estimadas pelo método de quadrados mínimos ponderados, para os clones BRS 226 e CCP 76, sob diferentes doses de biocarvão, aos 362 dias após o plantio no campo em Pacajus, CE.

Tratamentos* Biocarvão (kg cova ⁻¹)	Clones			
	Sobrevivência estimada (%)		Erro-padrão da estimativa (%)	
	BRS 226	CCP 76	BRS 226	CCP 76
0,0	25,72	49,04	7,18	7,18
0,5	36,18	59,50	7,52	7,59
1,0	38,34	61,66	7,25	7,25
2,0	40,36	63,69	7,80	7,78
4,0	44,49	67,81	7,80	7,78

* T1 - BRS 226 (0,0 kg/cova biocarvão); T2 - BRS 226 (0,5 kg/cova biocarvão); T3 - BRS 226 (1,0 kg/cova biocarvão); T4 - BRS 226 (2,0 kg/cova biocarvão); T5 - BRS 226 (4,0 kg/cova biocarvão); T6 - CCP 76 (0,0 kg/cova biocarvão); T7 - CCP 76 (0,5 kg/cova biocarvão); T8 - CCP 76 (1,0 kg/cova biocarvão); T9 - CCP 76 (2,0 kg/cova biocarvão); T10 - CCP 76 (4,0 kg/cova biocarvão).

Parente e Oliveira (1995) relatam que a taxa de replantio de plantas clonais enxertadas de cajueiro-anão, em regime de sequeiro, normalmente chega a 25%, considerando o plantio no início das chuvas e sob condições normais de precipitação. Neste experimento, o plantio foi no final de março, em ano com chuvas escassas. O fato de o biocarvão ter contribuído para a sobrevivência de plantas em situação de suprimento hídrico deficitário demonstra seu potencial para utilização como insumo capaz de atuar como retentor de água e liberar umidade paulatinamente ao solo. Gondim et al. (2017) relataram efeito do biocarvão de lenha de cajueiro na menor demanda de água para irrigação em cajueiro-anão, quando tensiômetros foram utilizados para definir o momento de irrigar as plantas.

Os resultados também inferem a possibilidade de que plantas do clone CCP 76 serem mais tolerantes ao estresse hídrico, durante a fase de implantação de um pomar, do que as do BRS 226. Esse fato complementa resultados relatados por Mesquita et al. (2004), em que o regime hídrico (I_0 : sem irrigação; I_1 : irrigação durante todo ano; e I_2 : irrigação suplementar durante a estação

chuvosa) não influenciou nas características de altura, envergadura da copa e diâmetro do caule em plantas do clone CCP 76 nos primeiros 20 meses de idade, em experimento também conduzido em Pacajus, CE.

Já Rejani e Yadukumar (2010) relatam que medidas para a conservação de solo e água, como a utilização de casca de coco enterrada nas covas de plantio de cajueiro na Índia, região que sofre severa restrição hídrica no período de janeiro a maio, não obtiveram efeito na altura de plantas, mas sim na envergadura da copa e circunferência do caule. Esses autores ressaltam que a quantidade de precipitação média anual de 3.031 mm, no período chuvoso de junho a novembro, possivelmente tenha permitido o alcance do efeito positivo observado.

As Figuras 3 a 7 demonstram a variação da tensão de água no solo (kPa) ao longo do tempo, comparando-se os tratamentos de clones (BRS 226 e CCP 76) com mesmo nível de biocarvão (testemunha, 0,5; 1,0; 2,0; e 4,0 kg cova⁻¹). Pode-se denotar que todos os níveis de biocarvão testados (T6, T7, T8, T9 e T10) com o clone CCP 76 mantiveram a umidade do solo em tensões mais elevadas (menos água disponível) na maior parte do tempo. Nesses tratamentos, o solo apresentava-se com menor conteúdo de água em volume, quando comparado ao dos tratamentos com o clone BRS 226 (T1, T2, T3, T4 e T5), especialmente nos primeiros meses após o plantio. Isto nos leva a supor que o clone CCP 76 detém maior capacidade de absorção de água pelas plantas, o que conduz o solo a atingir menores níveis de umidade mais rapidamente. Este fato deve ter sido fator-chave para melhor desempenho na sobrevivência das plantas do que as do clone BRS 226.

Observa-se equivalência na tensão de umidade nos três últimos meses de observação, especialmente nos tratamentos testemunhas T1 e T6 (Figura 3) e T3 *versus* T8 (Figura 5).

Observações nos tratamentos T1 e T6 com dias seguidos com marcação equivalente a zero kPa decorrem de possíveis falhas no sensor de umidade (Figura 3).

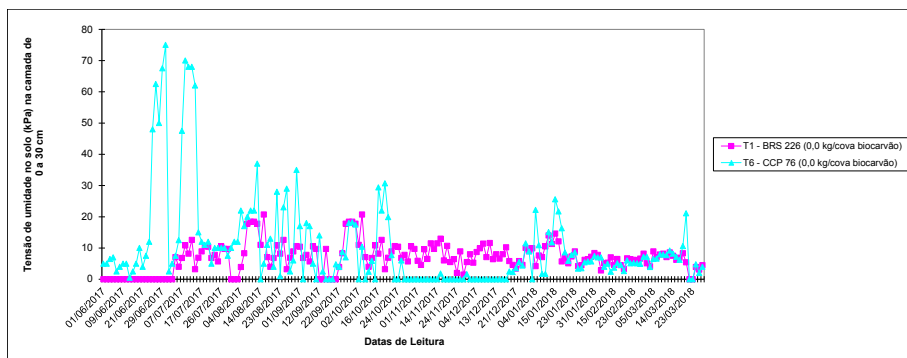


Figura 3. Tensão de umidade no solo (kPa) na camada de 0 a 30 cm nos tratamentos testemunhas (0,0 kg cova⁻¹ de biocarvão) dos clones enxertados de cajueiro-anão T1 (BRS 226) e T6 (CCP 76) durante 362 dias de plantio no campo em Pacajus, CE.

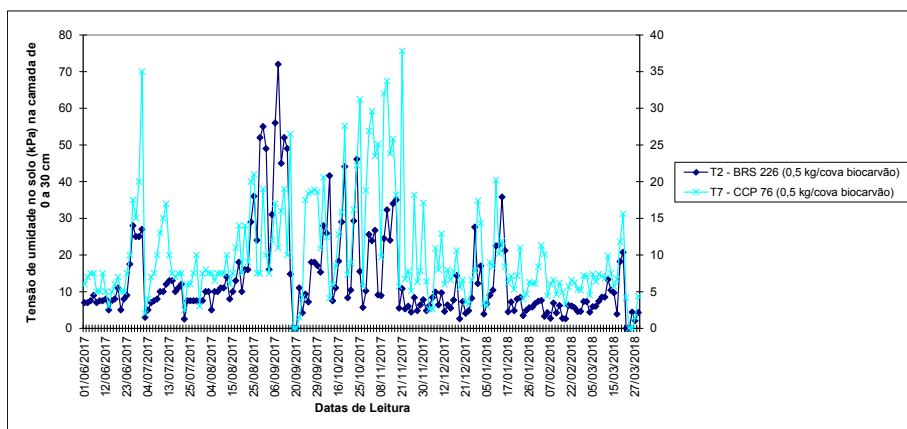


Figura 4. Tensão de umidade no solo (kPa) na camada de 0 a 30 cm nos clones enxertados de cajueiro-anão nos tratamentos T2 (BRS 226) e T7 (CCP 76) com 0,5 kg cova⁻¹ de biocarvão durante 362 dias de plantio no campo em Pacajus, CE.

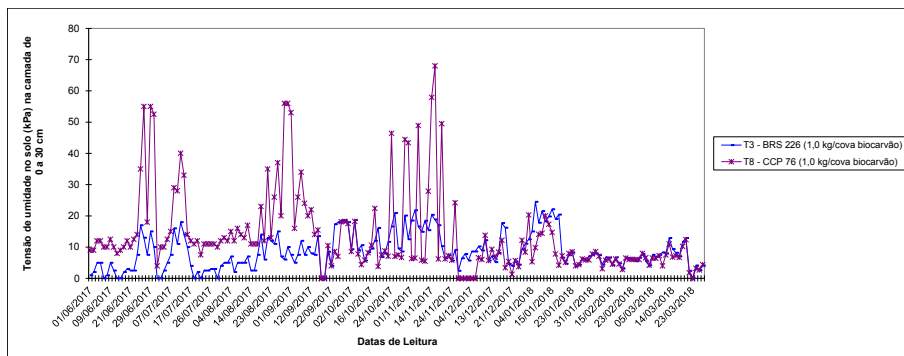


Figura 5. Tensão de umidade no solo (kPa) na camada de 0 a 30 cm nos clones enxertados de cajueiro-anão nos tratamentos T3 (BRS 226) e T8 (CCP 76) com 1,0 kg cova⁻¹ de biocarvão durante 362 dias de plantio no campo em Pacajus, CE.

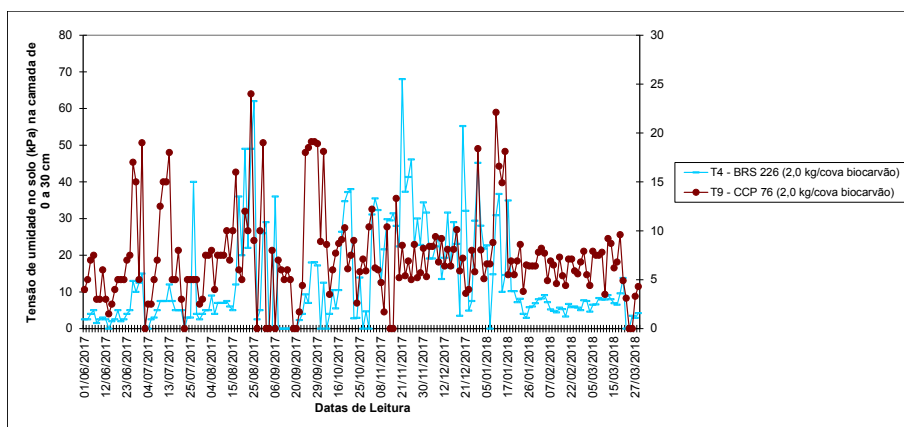


Figura 6. Tensão de umidade no solo (kPa) na camada de 0 a 30 cm nos clones enxertados de cajueiro nos tratamentos T4 (BRS 226) e T9 (CCP 76) com 2,0 kg cova⁻¹ de biocarvão durante 362 dias de plantio no campo em Pacajus, CE.

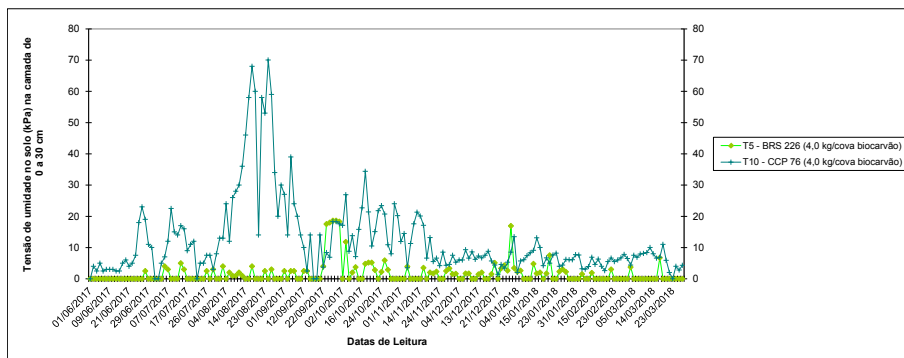


Figura 7. Tensão de umidade no solo (kPa) na camada de 0 a 30 cm nos clones enxertados de cajueiro-anão nos tratamentos T5 (BRS 226) e T10 (CCP 76) com 4,0 kg cova⁻¹ de biocarvão durante 362 dias de plantio no campo em Pacajus, CE.

Conclusões

A aplicação de biocarvão nas quantidades aplicadas, independentemente da dose testada por planta, resulta em maior taxa de sobrevivência das plantas no primeiro ano. As plantas do clone CCP 76 apresentam sobrevivência superior às do clone BRS 226, provavelmente devido à maior capacidade de absorção de água nos primeiros dias após o plantio no campo. Não há, porém, efeito nas características biométricas (diâmetro do caule a 5,0 cm do solo, envergadura da copa e altura) das plantas entre os clones CCP 76 e BRS 226.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Embrapa.

Referências

AGRESTI, A. A survey of exact inference for contingency tables. **Statistical Science**, v. 7, n. 1, p. 131-153, 1992.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of cashew (*Anacardium occidentale* L.): a review. **Experimental Agriculture**, v. 50, n. 1, p. 24-39, 2014.

FAO. **Data/Crops**: FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

GONDIM, R. S.; SERRANO, L. A. L.; MAIA, A. de H. N.; SILVA, J. P. da. Biocarvão na formação de um pomar de cajueiro *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E MATÉRIA ORGÂNICA NATURAL, 12., 2017, Sinop. **Matéria orgânica e suas múltiplas funcionalidades**: livro de resumos. Sinop: [s.n.], 2017.

IBGE. **Estatísticas econômicas**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

KAMMANN, C. I.; LINSEL, S.; GÖBLING, J. W.; KOYRO, H. W. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil-plant relations. **Plant Soil**, v. 345, n. 1, p. 195-210, 2011.

LEHMANN, J.; RILLING, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota – a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 9, p. 1812-1836, 2011.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. de. **Classificação e aptidão agrícola dos solos do Campo Experimental de Pacajus, Ceará, para a agricultura**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 20 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 53). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/7376/1/Dc-053.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; COELHO, M de F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. de F. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 22-29, 2012.

MAJOR, J.; RONDON, M.; MOLINA, D.; RIHA, S. J.; LEHMANN, J. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. **Plant and Soil**, v. 333, n. 1-2, p. 117-128, 2010.

MESQUITA, R. C. M.; PARENTE, J. I. G.; MONTENEGRO, A. A. T.; COSTA, J. T. A.; MELO, F. I. O.; PINHO, J. L. N. de; TEIXEIRA JÚNIOR, A. C. Influência de regimes hídricos na fenologia do crescimento de clones e progênies de cajueiro precoce e comum nos primeiros vinte meses. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 96-103, 2004.

NANDA, S.; DALAI, A. K.; BERRUTI, F.; KOZISNKI, J. A. Biochar as an exceptional bioresource for energy, agronomy, carbon sequestration, activated carbon and specialty materials. **Waste Biomass Valorization**, v. 7, n. 2, p. 201-235, 2016.

NOVAK, J. M.; BAUER, P. J.; HUNT, P. G. Carbon dynamics under long-term conservation and disk tillage management in a Norfolk loamy sand. **Soil Science Society American Journal**, v. 71, n. 1, p. 453-456, 2007.

PAIVA, J. R. de; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MARQUES, G. V.; NUNES, A. C. Seleção de porta-enxertos de cajueiro comum para a região Nordeste: fase de viveiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, p. 162-166, 2008.

PADHI, S. K.; SWAIN, S. C.; RATH, S.; KAR, M. Effect of coal ash on physio-morphological and bio-chemical parameters of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Plantation Crops**, v. 40, n. 1, p. 56-60, 2012.

PARENTE, J. I.; OLIVEIRA, V. H. Manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. p. 203-247.

REJANI, R.; YADUKUMAR, N. Soil and water conservation techniques in cashew grown along steep hill slopes. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 3, p. 371-378, 2010.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SAS INSTITUTE. **User's guide: SAS/STAT® 9.3**. Cary, NC, 2011.

SERRANO, L. A. L.; CAVALCANTI JUNIOR, A. T. Produção de mudas de cajueiro. In: SERRANO, L. A. L. (Ed.) **Sistema de produção do caju**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. Disponível em: <<https://www.spo.cnpia.embrapa.br/temas-publicados>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

VIDAL NETO, F. das C.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MELO, D. S. Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. In: ARAÚJO J. P. de (Ed.). **Agronegócio caju**. Brasília-DF: Embrapa, 2013. p. 481-508.

VINH, H.; TAM, H. M.; BELL, R. W.; MANN, S.; NHAN, D. T.; THUONG, N. T.; CUONG, H. H.; BAO, P. V.; KEEN, B.; SLAVICH, P. Integrated nutrient management of annual and perennial crops on sandy coastal plains of south-central coastal Vietnam In: MANN, S.; WEBB, M. C.; BELL, R. W. (Ed.). **Sustainable and profitable crop and livestock systems in south-central coastal Vietnam**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 2015. 240 p. Proceedings of the final workshop held in Quy Nhon, Vietnam, 2013.



Agroindústria Tropical



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL