



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

RONIALISON FERNANDES QUEIROZ

USO DO BAGAÇO DE CAJU COMO FERTILIZANTE EM POMAR DE CAJUEIRO
ESTABELECIDO

FORTALEZA-CE

2014

RONIALISON FERNANDES QUEIROZ

USO DO BAGAÇO DE CAJU COMO FERTILIZANTE EM POMAR DE CAJUEIRO
ESTABELECIDO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Agronomia/Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

FORTALEZA-CE

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- Q47u Queiroz, Ronialison Fernandes.
Uso do bagaço de caju como fertilizante em pomar de cajueiro estabelecido / Ronialison Fernandes Queiroz. – 2014.
85 f. il., color. enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2014.
Área de concentração: Fitotecnia.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.
Coorientação: Prof. Dr. Lindbergue Araújo Crisóstomo.
1. Caju. 2. Processamento industrial. 3. Produtividade agrícola. 4. Adubos e fertilizantes orgânicos. I. Título.

RONIALISON FERNANDES QUEIROZ

USO DO BAGAÇO DE CAJU COMO FERTILIZANTE EM POMAR DE CAJUEIRO
ESTABELECIDO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovada em: 23/12/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Lindbergue Araújo Crisóstomo, PhD (Conselheiro)
Embrapa Agroindústria Tropical-EMBRAPA/CNPAT

Prof. Dr. Renato Innecco (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. Dr. Vander Mendonça (Conselheiro)
Universidade Federal Rural do Semiárido-UFERSA

A *Deus* pela minha vida e concessão de potencialidades que em mim foram despertadas e por estar sempre ao meu lado.

Aos meus irmãos, *Rodrigo, Ângela, Ana Sara e Maria Eduarda* por me ajudarem sempre que precisei.

A minha namorada *Thycianne* pela força, amizade, companheirismo, apoio, incentivo e momentos de felicidade.

Enfim, a toda minha família que de todo o meu coração

DEDICO.

Aos meus pais, *Raimundo Nonato e Maria Francisca*, a razão de minha existência meus melhores amigos e incentivadores, a eles devo tudo o que eu sou;

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar por sempre ter colocado pessoas maravilhosas na minha vida e por sua proteção.

Ao corpo docente da UFC, em especial do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela realização do Doutorado.

À Embrapa Agroindústria Tropical, em especial aos Laboratórios de Solos e Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita, pelas instalações concedidas durante a realização desta Tese.

Ao CNPq pela concessão das bolsas de estudo, processos nº 140591/2009-5 e 141154/2012-8, e pelo Auxílio Financeiro ao Projeto “Aproveitamento do bagaço de caju como fertilizante orgânico em pomar de cajueiro em produção” - Edital MCT/CNPq 15/2007 - Universal.

Ao professor meu mestre e grande amigo Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa, pela orientação, incentivo, apoio, dedicação e amizade.

Ao Dr. Lindbergue Crisóstomo, pela dedicação, amizade sincera, companheirismo e apoio durante as análises no decorrer da pesquisa, ajudando sem medir esforços.

Ao Dr. Carlos Taniguchi pelo apoio dado sempre que precisei.

Ao campo experimental de Pacajus, em especial aos amigos Raimundo Nonato e João José (Dão), pela disposição e ajuda concedidas.

Aos meus colegas do Laboratório de Água e Solo da Embrapa Agroindústria Tropical, em especial, Raimundo Rodrigues, Vanderleia Bezerra, Luiz Oliveira e Sr. Machado pelo convívio, pelas ajudas nas análises, pelo trabalho duro e pelo companheirismo.

A analista Márcia Régia, pela ajuda nas análises de pós-colheita.

Aos colegas de doutorado, em especial, Igor, João Paulo e Fabrício, pelos dias e noites de estudos, discussões, brincadeiras e por estarem ao meu lado quando precisei.

Ao meu primo e sua esposa, *Ivanaldo e Lucicleide*, pelo estímulo, apoio, aconchego, confiança e pela ajuda que sempre me deram.

Ao meu primo e quase irmão, *José Fernandes*, pela dedicação, amizade sincera, companheirismo e ajuda.

Aos professores Renato Innecco, Júlio César do Vale Silva e Vander Mendonça, membros da Banca Examinadora, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Muito Obrigado!

RESUMO

A utilização agrícola tem sido a principal opção de aproveitamento de resíduos orgânicos, urbanos ou industriais, minimizando o descarte a céu aberto ou em aterros controlados e sanitários, com a conseqüente elevação na vida útil dos mesmos e, beneficiando a reciclagem de nutrientes, com melhoria da produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Entretanto, são necessários estudos de avaliação específicos dos resíduos existentes e de seus efeitos nos solos, a fim de que se possa ter o máximo benefício, sem comprometer o ambiente. Com o objetivo de avaliar os efeitos do resíduo do processamento do pedúnculo do caju (bagaço de caju), na presença e na ausência de adubação mineral, sobre a fertilidade do solo, nutrição e produtividade das plantas e qualidade dos frutos e pseudofrutos de cajueiro, foi desenvolvido um experimento em pomar estabelecido de cajueiros, localizado no município de Pacajus, CE. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses do bagaço de caju (0; 3,3; 6,6; 9,9 e 13,2 t ha⁻¹, em base seca, correspondentes a 0; 5,3; 10,6; 15,9 e 21,4 t ha⁻¹ do bagaço após pré-secagem ao sol (considerando-se cerca de 38% de H₂O no resíduo) na ausência e presença da adubação mineral. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), sob esquema fatorial 5x2. Foram feitas avaliações químicas do solo, aos 6, 12, 18, 24 e 30 meses após aplicação do bagaço de caju. Na planta foram avaliadas a produção, composição química das folhas e frutos, anualmente. Houve incremento nas concentrações de P, K e H + Al no solo; houve aumento dos teores foliares de N, P e Zn; a qualidade dos pseudofrutos foram melhoradas e a produção de frutos foi afetada positivamente na segunda safra aos dezoito meses após a aplicação do bagaço de caju. De modo geral o efeito da aplicação do bagaço como adubo orgânico sobre a fertilidade do solo, estado nutricional das plantas, qualidade dos pedúnculos e produtividade, foi linear crescente, sendo necessário a realização de novos estudos, incluindo doses mais elevadas ou reaplicações para a determinação das doses ótimas econômica e física.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, processamento agroindustrial, reciclagem, nutrição mineral, produção.

ABSTRACT

Organic, domestic and industrial residues have recently been used as agricultural fertilizer, providing many advantages such as minimizing the problem of garbage left in the open or in controlled landfills, increasing the usage period of the landfills as well as increasing the nutrients recycling, besides improving the productivity and sustainability of agricultural systems. However, evaluation studies of residues and their effects on the soils, mainly concerning the maximization of their benefits and environmental problems are meager. The aim of the present study was to assess the potential of industrial residues of cashew apples, with and without mineral fertilization, on the soil fertility, plant production and quality of fruits and apples of cashew nut adult plants in field conditions. The experiment was conducted in an orchard located at the Pacajus County, in the Ceará state (Brazil). Treatments were as follows: five dosages of dried cashew bagasse (metric ton per hectare): 0; 3.3; 6.6; 9.9 and 13.2, corresponding to 0; 5.3; 10.6; 15.9 and 21.4 t ha¹ of bagasse before sun drying (equivalent to approximately 38.0% of humidity). Treatments included the presence and the absence of additional mineral fertilizers. The experimental design was in randomized blocks with a factorial of 5x2. The soil chemical analyses were carried out at 6, 12, 18, 24 and 30 months after the bagasse incorporation. Parameters annually assessed were plant production (fruits and apples), chemical composition of leaves and fruits. Results showed increase in concentrations of P, K and H+Al in soil, besides increases of N, P and Zn in leaves. Apples exhibited better quality and the fruit production increased 18 months after the bagasse application. The results showed that the incorporation of bagasse in soil as an organic fertilizer improved the nutritional status of cashew plants, the quality of apples and the productivity in an increasing linear function, although more studies involving higher dosages of bagasse as well as higher number of replications are suggested in order to determine the best economical and physical dosages.

Key-words: *Anacardium occidentale*, agro-industrial processing, recycling, plant nutrition, productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Processo de trituração mecânica do bagaço de caju para melhor padronização granulométrica do material. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	25
Figura 2 –	Marcação de faixas, com diâmetro interno de 1 m e externo de 2 m, em torno das plantas, na projeção de suas copas, para aplicação dos tratamentos referentes às doses do bagaço de caju. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	25
Figura 3 –	Distribuição em contentores plásticos, do bagaço triturado de caju no campo, por planta conforme os respectivos tratamentos. Em seguida houve a distribuição uniforme do conteúdo das caixas na área delimitada pelas faixas marcadas sob as copas dos cajueiros. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	26
Figura 4 –	Amostragem e preparo dos frutos para análises em laboratório de características físicas e químicas, de qualidade e composição. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	27
Figura 5 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de P (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	33
Figura 6 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de K (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, aos 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	34
Figura 7 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de H + Al (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, 12 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	39
Figura 8 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de H + Al (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	50

Figura 9 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de N, em pomar de cajueiro em produção, 5 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	54
Figura 10 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de P, em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	56
Figura 11 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de Zn, em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. * - significativo a 5%; ** - Significativo a 1%.....	57
Figura 12 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de N, em pomar de cajueiro em produção, 29 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	59
Figura 13 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores de Ca nos frutos, em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	64
Figura 14 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a massa do pseudofruto, em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	67
Figura 15 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os SST, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	72
Figura 16 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a produtividade, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características químicas iniciais do solo na área do experimento, Pacajus-CE, 2013.....	23
Tabela 2 –	Teores de macro e micronutrientes, carbono e relação C/N no bagaço de caju utilizado. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	24
Tabela 3 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	31
Tabela 4 –	Algumas características químicas do solo nas entre linhas do experimento na profundidade de 0-20 cm, aos 6, 12, 18, 24 e 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	32
Tabela 5 –	Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, Ca, Mg, H + Al e Mn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	35
Tabela 6 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 12 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	38
Tabela 7 –	Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, K, Ca, Mg, H + Al, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 12 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	40
Tabela 8 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	43

Tabela 9 –	Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, K, Ca, Mg, H + Al, Fe, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	44
Tabela 10 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 24 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	46
Tabela 11 –	Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, K, Mg, H + Al, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 24 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	47
Tabela 12 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	49
Tabela 13 –	Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, Ca, Mg, H + Al, Fe, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	51
Tabela 14 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, em pomar de cajueiro em produção, 5 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	53
Tabela 15 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	55
Tabela 16 –	Efeito da aplicação do adubo sobre os teores foliares de P, Ca e Zn em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	57

Tabela 17 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, em pomar de cajueiro em produção, 29 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	58
Tabela 18 –	Efeito da aplicação do adubo sobre os teores foliares de N em pomar de cajueiro em produção, 29 meses após a aplicação do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	60
Tabela 19 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores de macro e micronutrientes, no fruto 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	61
Tabela 20 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores de macro e micronutrientes, no fruto 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	62
Tabela 21 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores de macro e micronutrientes, no fruto 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	63
Tabela 22 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre a produtividade e qualidades físico – químicas dos frutos colhidos 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	65
Tabela 23 –	Efeito da aplicação do adubo sobre a massa do pseudofruto, dentro de cada dose de resíduo em pomar de cajueiro em produção, colhidos 6 meses após a aplicação do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	67
Tabela 24 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre a produtividade e qualidades físico – químicas dos frutos colhidos 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	69
Tabela 25 –	Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre a produtividade e qualidades físico – químicas dos frutos colhidos 30 meses após a aplicação superficial do bagaço.	

	UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	70
Tabela 26 –	Efeito da aplicação do adubo sobre os SST dos frutos, em pomar de cajueiro em produção, colhidos 18 meses após a aplicação do bagaço.	
	UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.....	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Caju – Generalidades.....	16
2.2	Utilização de resíduos na agricultura.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Avaliações.....	26
3.1.1	<i>Produção.....</i>	<i>26</i>
3.1.2	<i>Características físico-químicas de castanhas e pedúnculos.....</i>	<i>27</i>
3.1.3	<i>Massa média de castanha, pedúnculo e total.....</i>	<i>27</i>
3.1.4	<i>Tamanho médio de pedúnculo.....</i>	<i>28</i>
3.1.5	<i>Firmeza de polpa.....</i>	<i>28</i>
3.1.6	<i>Sólidos Solúveis Totais (SST).....</i>	<i>28</i>
3.1.7	<i>Acidez total titulável.....</i>	<i>28</i>
3.2	Fertilidade do Solo e Estado Nutricional das Plantas.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	Efeitos no solo.....	30
4.1.1	<i>Aos seis meses.....</i>	<i>30</i>
4.1.2	<i>Aos doze meses.....</i>	<i>36</i>
4.1.3	<i>Aos dezoito meses.....</i>	<i>42</i>
4.1.4	<i>Aos vinte e quatro meses.....</i>	<i>45</i>
4.1.5	<i>Aos trinta meses.....</i>	<i>48</i>
4.2	Efeitos na planta.....	52
4.3	Efeitos no fruto.....	60
4.4	Efeitos na produção e pós-colheita.....	64
5	CONCLUSÃO.....	75
	REFERÊNCIAS.....	76
	APÊNDICE A - CROQUI DO EXPERIMENTO.....	85

1 INTRODUÇÃO

É fato irrefutável o crescimento da demanda mundial por frutas, seja pelo seu sabor e valor nutritivo, pela conscientização da necessidade de hábitos alimentares mais saudáveis, pelo aumento na expectativa de vida dos homens, ou mesmo por um "modismo" de consumo de produtos ricos em fibras e nutrientes e pobres em calorias.

As possibilidades de expansão da atividade frutícola brasileira, com a implantação de novas áreas e novas indústrias ligadas ao setor, são uma realidade que tende a se manter na medida em que haja investimentos nas áreas técnica, mercadológica e de infraestrutura. Concomitantemente com essa expansão, a fruticultura brasileira traz benefícios para a economia dos estados por meio da geração de empregos e renda em toda a cadeia produtiva. Além disso, a atividade de exportação gera divisas para a nação. O Brasil é um dos maiores produtores de caju do mundo e, os produtos industrializados são a principal forma de consumo da fruta dentro e fora do país, tanto da castanha (fruto verdadeiro) quanto do pedúnculo (falso fruto). Contudo, embora a castanha de caju seja muito bem utilizada, cerca de 90% do pedúnculo é subaproveitado. Aproximadamente 2 milhões de toneladas por ano de polpa são jogados no lixo ou utilizados exclusivamente para consumo animal (ABREU, 2013).

A criação de sistemas agroindustriais sustentáveis tem sido uma busca constante junto às cadeias produtivas. Atualmente, ações vêm sendo implementadas visando o desenvolvimento de tecnologias e processos que possibilitem o aproveitamento integral do caju. Isto inclui o aproveitamento do bagaço de caju, que é o produto obtido após a remoção da castanha e extração do suco do pedúnculo, sendo constituído pela película e polpa do pedúnculo remanescente.

A utilização agrícola tem sido a principal opção de aproveitamento de resíduos orgânicos, urbanos ou industriais. Isto minimiza o descarte a céu aberto ou em aterros controlados e sanitários, com a conseqüente elevação na vida útil dos mesmos. Além disso, beneficia a reciclagem de nutrientes, com melhoria da produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Entretanto, são necessários estudos de avaliação específicos dos resíduos existentes e de seus efeitos nos solos, a fim de que se possa ter o máximo benefício, sem comprometer o ambiente.

Considerando a relevância do assunto, a preocupação ambiental crescente, e a escassez de informações na literatura, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos do resíduo do processamento do pedúnculo do caju (bagaço de caju), na presença e na ausência

de adubação mineral, sobre a fertilidade do solo, nutrição e produtividade das plantas e qualidade dos frutos e pseudofrutos de cajueiro em um pomar estabelecido de caju anão precoce.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caju – Generalidades

O fruto do cajueiro, popularmente conhecido como "caju", é constituído por duas partes, a fruta propriamente dita, que é a castanha, e seu pedúnculo floral hipertrofiado ou pseudofruto, geralmente confundido como fruto. De aparência exótica e forma piriforme, o pseudofruto apresenta grande valor nutricional com altos teores de vitamina C. Do peso do pseudofruto, cerca de 81% são representados pelo suco, enquanto que na castanha, a amêndoa representa 32%, a película 3% e a casca 65% (LIMA *et al.*, 1994).

Em 2011, conforme a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil foi o 5º maior produtor mundial de caju com uma produção de 230.785 toneladas de castanha-de-caju por ano. Foi superado apenas pelo Vietnã, Nigéria, Índia e Costa do Marfim, com produções de 1.237.300, 835.000, 674.600 e 393.000 toneladas, respectivamente. O volume de produção desses cinco países representa mais de 78% da produção mundial.

É válido ressaltar que a alta produção de castanha do Vietnã, é reflexo do plantio, em moldes comerciais, há mais de 20 anos, de apenas clones ou mudas de sementes do cajueiro anão precoce. No que diz respeito ao Brasil, a baixa produção, assim como também, a sua flutuação, são influenciadas por alguns fatores como, efeitos do clima, pois o seu cultivo é de sequeiro; incidência de doença, em especial o oídio (*Oidium anacardii*), que nos últimos três anos, causou sérios danos a cultura; e a alta população de cajueiros do tipo comum. Estudos técnicos feitos pelo setor e referendados pela Embrapa-CE apontam que em torno de 85% da produção nacional de castanha-de-caju *in natura* é oriunda de áreas plantadas com o cajueiro comum de porte alto (tradicional). Esse tipo de cajueiro apresenta baixa produtividade em função da idade avançada, falta de padrão genético, extração de madeira para fins comerciais e do manejo inadequado (ARAÚJO, 2013).

A importância socioeconômica da cadeia produtiva do caju destaca-se no Nordeste do Brasil, principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, com produções de 111.718, 54.252 e 45.773 toneladas por ano, respectivamente. Essa região foi responsável em 2011 por 98,44% da produção brasileira de castanha-de-caju IBGE (2011). Levantamentos mostram que essa cadeia produtiva faturou, em 2010, cerca de R\$ 450 milhões de reais com vendas para o mercado externo e interno (PESSOA; LEITE, 2013).

Com relação à geração de emprego no campo, o cultivo do cajueiro necessita em

média de 22 homens/dia/hectare/ano. Ao considerar o ano com 264 dias úteis, os 752 mil hectares de área colhida com cajueiro em 2012 geraram o equivalente a 62.666 empregos diretos no campo. Além de serem valores expressivos, a época do ano em que são gerados, na entressafra dos outros cultivos, é de extrema importância para a economia do Nordeste do Brasil. Isso porque preenche uma importante lacuna e reduz a flutuação da renda e da ocupação da mão de obra das regiões produtoras, contribuindo para a permanência do agricultor no meio rural (PESSOA; LEITE, 2013).

O aproveitamento industrial do falso fruto (pedúnculo) é, ainda, destaque na agroindústria brasileira, e constitui em um diferencial do país com relação aos demais países produtores (BARROS, 2002). O pedúnculo é utilizado na produção de suco, polpa, doces, refrigerantes, aguardente, rapadura etc., pelo processamento em diversas fábricas e mini-fábricas distribuídas pelas regiões produtoras do CE, RN e PI (LEITE; PESSOA, 2002).

O potencial econômico para uso dos derivados do pedúnculo é surpreendente, dada a gama de opções para seu processamento supracitadas, com destaque para o suco de caju, suco de fruta industrializado entre os mais consumidos no país e, que, atualmente, vem sendo exportado, ainda em pequenas quantidades. Assim, há boas possibilidades de crescimento desse negócio.

O caju é uma das principais culturas sustentáveis do Nordeste, cuja produção de pedúnculos situa-se de 2,0 a 2,5 milhões de toneladas por ano, sendo a região reconhecida mundialmente como grande produtora de caju (HOLANDA *et al.*, 2010). Anualmente, são desperdiçados no Nordeste mais de 1,5 milhão de toneladas do pedúnculo, o que representa 75% dos 2,0 milhões de toneladas produzidas nos nove estados (HOLANDA *et al.*, 2010; MELLO, 2010).

A alta perecibilidade e dificuldade no armazenamento durante os meses de produção mais elevada faz com que ocorra um grande desperdício de pedúnculos no campo e na indústria (MOREIRA *et al.*, 2003). Avalia-se que, para cada parte de castanha obtida, são geradas 9 partes de pedúnculos. Estima-se ainda que com 35 milhões de quilogramas de pedúnculos, são obtidos, aproximadamente, de 4 a 5,5 milhões de quilos em bagaço de caju (OLIVEIRA; IPIRANGA, 2009).

Embora o beneficiamento do pseudofruto do caju seja bem menos significativo do que o da castanha (em torno de 10 a 15% do total produzido), em indústria de sucos, doces, geleias, fermentados etc., o mesmo gera uma enorme quantidade de subprodutos (AGOSTINI-COSTA *et al.*, 2004). Aproximadamente 40% do pedúnculo de caju processado nesse tipo de industrialização, resulta em bagaço após a extração do suco. Neste sentido,

pode-se então ter uma projeção da enorme disponibilidade deste subproduto e da possibilidade do seu aproveitamento como adubo para as culturas.

2.2. Utilização de resíduos na agricultura

A matéria orgânica desempenha um papel importante na manutenção da integridade e produtividade dos sistemas agrícolas, o que contribui para o crescimento das plantas devido ao seu efeito sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CANTARELLA *et al.*, 1992; STEVENSON, 1985; TATE, 1987).

As fontes mais comuns de matéria orgânica para o solo agrícola são os resíduos das culturas, os adubos verdes e os adubos orgânicos tradicionais (estercos, compostos etc.) e, mais recentemente, alguns resíduos urbanos e agroindustriais. Entretanto, são necessários estudos específicos de avaliação dos materiais/resíduos existentes e de seus efeitos nos solos, a fim de que se possa obter o máximo benefício sem comprometer o ambiente.

É amplamente divulgado que a aplicação de resíduos orgânicos de diversas naturezas ou, ainda, um mesmo tipo de resíduo, porém, de composição variável em função de sua origem, pode acarretar alterações qualitativa ou quantitativa diferenciadas sobre os atributos dos solos (ALOISI *et al.*, 2001; ERNANI; GIANELLO, 1982; GUERRINI *et al.*, 1994; NUERNBERG; STAMMEL, 1989; OLIVEIRA *et al.*, 2002). Além disso, o próprio solo configura-se em um fator determinante sobre os acontecimentos da interação solo-resíduo orgânico (IBRAHIM *et al.*, 1988). Segundo Abreu Junior *et al.* (2002), o potencial do solo para promover a degradação da carga orgânica do resíduo é variável e interfere decisivamente na definição da frequência adequada para a aplicação de um dado material. Segundo Glória (1992), a quantidade de resíduo levada ao solo depende do seu aporte de nutrientes, das necessidades da planta a ser cultivada e da presença de metais ou outras substâncias tóxicas.

Jerônimo *et al.* (2002), avaliaram e caracterizaram os resíduos das indústrias potiguares de beneficiamento de polpa de frutas. Dentre as informações apresentadas está o rendimento das indústrias na extração de polpas, sendo o abacaxi – 62,5%, acerola – 62,5%, cajá – 65,0%, caju – 68,0%, goiaba – 77,5%, graviola – 35,0%, manga – 50%, mangaba – 67,5% e maracujá – 30%. Um dos problemas de maior gravidade observado pelos autores em quase todas as empresas foi o grande montante de matéria-orgânica desperdiçada ao longo do processo. A geração dos resíduos inicia-se na etapa de seleção das frutas padronizadas, em que grande quantidade delas, com qualidade inadequada para o consumo, é descartada em virtude de não atender às especificações exigidas pelo processo, tanto no aspecto de

maturação como de degradação. Desse modo, são transportadas para locais que as reaproveitam como ração animal (na maioria das empresas rurais) ou que as descartam para recolhimento pelo sistema de limpeza pública, sendo destinadas aos aterros ou lixões. Esse mesmo tratamento é observado para os resíduos provenientes da etapa de retirada da casca, o que contribui para aumentar a poluição ambiental. Os últimos resíduos orgânicos gerados pela extração de polpas são os bagaços, provenientes das etapas de despulpamento e refino. Assim como os demais resíduos, os bagaços influenciam negativamente no ambiente. Porém, pelo fato de ser um produto mais refinado e com qualidades nutricionais mais concentradas, estes resíduos vêm recebendo maior atenção dos produtores, que passaram a procurar formas economicamente viáveis de tratá-los. Ressalta-se que esses resíduos agroindustriais, constituem em uma matéria “limpa” quanto a eventuais contaminantes, pois origina-se de um processo mecânico de extração do suco. É essencial que o resíduo industrial não seja acumulado no meio ambiente sem que haja um destino adequado. Isso pode evitar a geração de poluentes para a atmosfera, água e solo.

Um dado interessante foi relatado pela ABISOLO (2009) e mostra que no período de 2001 a 2009 houve no Brasil um crescimento de 12 vezes na comercialização de adubos orgânicos (de 100.000 para 1.200.000 toneladas). A comercialização praticamente dobrou, de 1800.000 para 3.400.000 toneladas nesse mesmo período. A fruticultura com participação de 48% e a olericultura com 26% sobre o valor das vendas, são as principais responsáveis pelo consumo de adubos orgânicos no Brasil.

Devido a essa crescente preocupação e ao advento da inovação biotecnológica, na busca de sustentabilidade, procura-se cada vez mais identificar, quantificar e qualificar os resíduos agroindustriais, a fim de desenvolver novas perspectivas para o seu aproveitamento. O Nordeste é rico em espécies frutíferas tropicais com alto potencial de agroindústria, como o caju, que apresenta elevado potencial para consumo, principalmente na forma de produtos industrializados. Diariamente, um grande volume de resíduos dessa fruta é gerado pela agroindústria, sendo uma parte usada para a indústria de rações animais, e outra, descartada no meio ambiente (SIQUEIRA; BRITO, 2013). É válido ressaltar que este material apresenta em sua composição, além da carga orgânica, nutrientes, especialmente N, K e P.

Além disso, a sustentabilidade agrega as dimensões ambientais e sociais, que geralmente são esquecidas no contexto da pequena produção. A cadeia produtiva como um todo, deve estar constantemente atenta para o surgimento da inovação e adoção das questões para a sustentabilidade. A utilização de instrumentos e introdução de novas tecnologias visando diminuir o desperdício do caju possibilitará o surgimento e fortalecimentos de novos

elos na cadeia produtiva integrando-a e consolidando-a. Isto serve, inclusive, como uma nova fonte geradora de receitas e trabalho, o que melhora o fluxo de caixa dos pequenos agricultores e amplia as possibilidades de desenvolvimento (OLIVEIRA; IPIRANGA, 2009).

Neste aspecto, sobressaem-se as ações voltadas para o desenvolvimento de produtos diferenciados com boa agregação de valor, assim como, o aproveitamento dos subprodutos da cadeia agroindustrial. Isto possibilita o aumento de renda e redução nos custos de produção dos produtores. É importante frisar que além do apoio dos institutos de pesquisa com recursos tecnológicos para melhoria dos produtos e o aprimoramento de processos, a cadeia produtiva do caju carece de inovações. Nesse sentido, o “bagaço do caju” vem sendo aplicado atualmente como adubo orgânico em cultivos de cajueiro e/ou de mandioca, próprios ou de terceiros, localizados nos entornos de algumas indústrias processadoras de frutos no Ceará, particularmente no município de Pacajus. Tais aplicações não seguem qualquer critério técnico e, provavelmente, não alcançam sua máxima eficiência. Além disso, sem conhecer os efeitos da aplicação no solo, são grandes os riscos de prejuízos econômicos e/ou ambientais.

Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas com aplicação de resíduos orgânicos agroindustriais ao solo e tem-se verificado efeito positivo tanto nas propriedades físicas quanto na fertilidade do solo e, por conseguinte, no desempenho das plantas. Para Souza (1997) o uso agrícola do lodo de esgoto tem-se mostrado, mundialmente, uma solução adequada do ponto de vista técnico, econômico e ambiental. Isto porque viabiliza a reciclagem de nutrientes, promove melhorias físicas, químicas e biológicas no solo e, principalmente, por representar uma solução para diminuir o problema da disposição das grandes quantidades desse material geradas nos centros urbanos. Apesar disso falta legislação específica para regular seu uso.

Resultados obtidos por Souza (2009) mostraram que o subproduto da indústria processadora de goiabas afetou a fertilidade do solo. Proporcionou aumento das concentrações de P, bem como da acidez potencial, B e Mn, e diminuição na concentração de Ca no solo do pomar. Alterou o estado nutricional das goiabeiras e elevou os teores foliares de N, Ca, Mg e Mn. Esses resultados evidenciam que a aplicação do resíduo da indústria processadora de goiabas em pomar de goiabeiras é uma opção viável.

Trabalhos realizados com a escoria de siderurgia, que é um subproduto da indústria siderúrgica, revelaram aumentos na eficiência da adubação fosfatada (PRADO; FERNANDES, 1999). Mostraram também elevações nos valores de pH, SB, V% e nas concentrações de Ca, Mg e P no solo. Além do mais reduziu o H + Al, o que acarretou em aumentos significativos na altura de planta, no número de folhas e na área foliar das mudas de

goiabeira. Ademais, na concentração de Ca, Mg e P da parte aérea e das raízes das plantas, além de incremento na matéria seca da parte aérea e das raízes (PRADO *et al.*, 2003).

Guerrero *et al.* (1995), estudaram o aproveitamento da casca e da polpa de laranja, resíduos obtidos da fabricação de suco em Portugal, como fertilizante no cultivo de alface sob condições de laboratório. Esses autores verificaram aumento nas concentrações de matéria orgânica e nitrogênio do solo, o que afetou positivamente a produção, sem ocorrência de efeitos fitotóxicos à cultura. Aloisi *et al.* (2001), constataram que não há impedimento químico (em termos de fertilidade do solo) para a utilização do resíduo da indústria cítrica na agricultura. Porém, este não substitui integralmente a adubação mineral.

Prado *et al.* (2002), estudaram o efeito da cinza da indústria cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira e concluíram que esse subproduto apresentou resultados benéficos para a fertilidade do solo e para a nutrição das plantas. Na região do Vale do Ribeira - SP, a produção de chá preto gera grande quantidade de resíduo, o qual é depositado a céu aberto. Na mesma linha de pesquisa, Lima *et al.* (2009) citam que a aclimatação de mudas de bananeira pode ser realizada com sucesso e baixo custo, com o uso do substrato composto por terra de subsolo, casca de arroz carbonizada, resíduo de chá decomposto e a adição de fertilizante de liberação controlada de nutrientes.

Em trabalhos realizados com mamoneiro “Formosa” Mendonça *et al.* (2007) e em moranga e pepino Blum *et al.* (2003), ficou constatado que adubos orgânicos constituem alternativas viáveis para a constituição de substratos e produção vegetal.

Pragana *et al.* (2001) trabalharam com o pó de coco, resíduo proveniente do material fibroso que constitui o mesocarpo espesso do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), em diferentes estágios de maturação para a composição de substratos para a produção de mudas de alface. Concluíram que o pó de coco é um material adequado para a germinação e a formação de mudas de alface, devido às suas características físicas e químicas.

Segundo Sampaio *et al.* (2007), o aproveitamento de *Egeria densa* (planta aquática), retirada das grandes turbinas de hidroelétricas e da limpeza de reservatórios, é recomendável como adubo orgânico. Isso porque com o seu uso são incorporados nutrientes ao solo e aumenta a produção agrícola. Além disso, resolve o problema de decomposição de um material até então tratado como “lixo”.

Estudos realizados no Egito demonstram que a aplicação de resíduos oriundos do processamento de goiabas ao solo, podem promover o aporte de consideráveis quantidades de nutrientes, especialmente N, K e P, além das melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do mesmo (EL-LEBOUDI *et al.*, 1988). Em trabalho desenvolvido em condições

de laboratório, Corrêa *et al.* (2005) verificaram, após 90 dias de incubação, que a aplicação de sementes de goiabas, oriundas do processamento industrial da fruta, promoveram o aumento da concentração de matéria orgânica e de K e uma pequena redução no pH do solo, proporcionalmente às doses empregadas. Em outro estudo, sob condições de casa de vegetação, Mantovani *et al.* (2004) observaram que a adição desse mesmo tipo de resíduo propiciou aumentos nas concentrações de P e K do solo após 45 dias de incubação e, aumento na matéria seca de plantas de milho, cultivadas por 41 dias após a incubação do resíduo.

Com relação ao resíduo gerado no processamento do pedúnculo do caju para obtenção de suco, Oliveira *et al.* (2008) obtiveram resultados em casa de vegetação que mostraram que 44,0 t ha⁻¹ do bagaço de caju foi a dose que maximizou o desenvolvimento das plantas de pimentão para as variáveis analisadas. Isso sugere que esse adubo orgânico pode ser empregado como uma alternativa econômica na composição de substratos para a produção de mudas de pimentão, além de reduzir o lixo orgânico derivado da indústria de processamento de caju.

Braga *et al.* (2008) trabalharam também em casa de vegetação e verificaram que a adição crescente do bagaço de caju na composição do substrato, afetou significativamente os valores de pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC e V% no mesmo. Além disso, incrementou os teores de Ca, Mg e pH. Os mesmos autores avaliaram o potencial do bagaço de caju como adubo orgânico em milho e concluíram que a aplicação do subproduto ao solo promove a manutenção e/ou aumento da fertilidade das áreas cultivadas, devido às quantidades significativas de nutrientes contidos no resíduo.

Corrêa *et al.* (2008) estudaram, em condições controladas as alterações na fertilidade do solo em função de doses e tempo de incubação do bagaço de caju. Os resultados obtidos indicam a possibilidade de uso do subproduto como adubo, devido ao aumento da M.O., da CTC e das quantidades de P e K com o incremento das doses aplicadas. Este último elemento foi prontamente disponibilizado, enquanto o P foi liberado gradativamente ao longo dos 270 dias de avaliação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um pomar de cajueiro anão precoce de doze anos de idade constituído pelo cultivar CCP 76. Este pomar está localizado no campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, situado no município de Pacajus-CE (4°11'38,6"S e 38°29'51,5"W), 60 metros acima do nível do mar. A classificação climática, segundo Köppen (1948), é do tipo Aw', com precipitação média anual de 791,4 mm e regime pluviométrico caracterizado pela concentração de chuvas no período de janeiro a abril, com temperatura média variando entre 26 e 28°C. A vegetação é composta por Caatinga Arbustiva Densa e Complexo Vegetacional de Zona Litorânea (IPECE, 2004). A precipitação pluviométrica dos anos de 2009, 2010 e 2011 foi de 1862, 440 e 1302 mm, respectivamente (FUNCEME, 2014).

O ensaio foi instalado em 08 de abril de 2009. O solo da área foi classificado como Argissolo Acinzentado distrófico arênico A moderado de textura média, fase caatinga litorânea (RIBEIRO *et al.*, 2007), cujas características químicas iniciais na área do experimento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas iniciais do solo na área do experimento, Pacajus-CE, 2013.

Profundidade	pH	MO	P	S	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	Fe	Zn	Mn
cm		g/kg	mg dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³				%		mg dm ⁻³	
0-20	5,7	5,0	4,1	0,4	0,8	4,5	2,5	8,3	7,8	16,1	48,7	10,4	0,7	7,8
20-40	5,9	2,3	2,9	0,4	0,8	2,5	1,1	11,6	4,3	15,8	27,0	16,4	1,5	3,9

S.B - Soma de Bases; C.T.C - Capacidade de Troca de Cátions; V% - Saturação por Bases; MO - Matéria Orgânica; ND - Não Detectado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O bagaço de caju utilizado foi constituído basicamente da parte da polpa do pedúnculo. O material foi obtido de uma indústria de alimentos localizada no município de Pacajus-CE. Ainda nesta indústria, em um pátio aberto, o bagaço foi posto para secar ao sol antes de ser transportado até o local do experimento de campo, onde foi mantido coberto com lona até a instalação do experimento. Em seguida foram realizadas amostragens para determinação da composição química do bagaço de caju (TABELA 2).

Tabela 2 - Teores de macro e micronutrientes, carbono e relação C/N no bagaço de caju utilizado. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Repetição	C	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Cu	Fe	Zn	Mn	C/N
	-----g kg ⁻¹ -----							-----mg kg ⁻¹ -----				
1	281,1	34,8	1,6	17,2	9,0	2,8	0,8	12,8	799,2	49,8	46,4	8,1/1
2	291,5	34,1	1,6	16,4	9,4	3,6	1,0	12,2	496,8	49,5	43,1	8,6/1
3	276,5	32,4	1,9	16,1	8,0	2,7	0,9	11,7	722,8	50,9	46,8	8,5/1
4	278,8	33,8	1,6	16,4	5,9	2,1	1,0	9,1	522,0	44,1	35,5	8,3/1
5	291,5	32,8	1,4	14,8	6,4	2,5	0,9	9,6	586,5	46,7	40,8	8,9/1
Média	283,9	33,6	1,6	16,2	7,7	2,7	0,9	11,1	625,5	48,2	42,5	8,5/1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições, o que totalizou 40 parcelas. As parcelas foram constituídas por quatro plantas todas úteis, espaçadas de 8 m x 6 m, o que correspondeu a uma área total de 192 m². Desse modo, o número total de plantas no experimento foi de 160 plantas distribuídas em quatro blocos (APÊNDICE A).

Os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses do bagaço de caju e dois níveis de adubação mineral: ausência e presença. As doses do bagaço de caju aplicadas foram 3,3; 6,6; 9,9 e 13,2 t ha⁻¹, em base seca, correspondentes a 5,3; 10,6; 15,9 e 21,4 t ha⁻¹ do bagaço após pré-secagem ao sol (considerando-se cerca de 38% de H₂O no bagaço). A adubação mineral seguiu a recomendação de Crisóstomo *et al.* (2009), com base na análise do solo coletado na área, correspondendo à produtividade esperada de frutos inferior a 1200 kg ha⁻¹. Dessa forma, a quantidade de fertilizante mineral aplicado por planta correspondeu a 682 g de ureia, 889 g de superfosfato simples, 200 g de cloreto de potássio e 100 g de FTE BR 12 (9% Zn, 1,8% B, 0,8% Cu, 3,0% Fe, 2,0% Mn e 0,1% Mo).

Para a padronização granulométrica do material, para obter maior fidelidade das doses do bagaço a serem aplicadas, conforme os tratamentos, o bagaço de caju foi triturado mecanicamente (FIGURA 1). A aplicação do bagaço foi feita manualmente ao redor da planta a uma distância de 1m do caule, numa faixa de 1 m de largura, sem incorporação ao solo (FIGURAS 2 e 3). A adubação mineral foi também aplicada, conforme os tratamentos, nessa mesma faixa, por três vezes nos anos de 2009, 2010 e 2011, sendo parcelada em três vezes com intervalo de quinze dias, no período de abril-maio de cada ano.

Figura 1 - Processo de trituração mecânica do bagaço de caju para melhor padronização granulométrica do material. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.



Fotos: Ronialison Fernandes Queiroz.

Figura 2 - Marcação de faixas, com diâmetro interno de 1 m e externo de 2 m, em torno das plantas, na projeção de suas copas, para aplicação dos tratamentos referentes às doses do bagaço de caju. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.



Fotos: Ronialison Fernandes Queiroz.

Figura 3 - Distribuição em contentores plásticos, do bagaço triturado de caju no campo, por planta conforme os respectivos tratamentos. Em seguida houve a distribuição uniforme do conteúdo das caixas na área delimitada pelas faixas marcadas sob as copas dos cajueiros. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.



Fotos: Ronialison Fernandes Queiroz.

3.1 Avaliações

3.1.1 Produção

Durante todo o período produtivo, nas três safras avaliadas (set./2009 a jan./2010, set./2010 a jan./2011 e set./2011 a dez./2012), foram realizadas colheitas de castanhas, uma ou mais vezes por mês, de acordo com a necessidade. Dessa forma, foi determinada a quantidade em kg de castanha colhidas por planta de cada parcela e, posteriormente estimada por área (hectare) levando em consideração o espaçamento da cultura.

3.1.2 Características físico-químicas de castanhas e pedúnculos

No pico das safras, no primeiro, segundo e terceiro anos após aplicação dos tratamentos, foram colhidos oito caju maduros (estádio de maturação comercial) por parcela. Os caju foram colhidos manualmente nas primeiras horas do dia e acondicionados em caixas plásticas, em apenas uma camada de frutos, protegidos de injúrias mecânicas por um revestimento interno de espuma colocado na caixa com uma espessura de aproximadamente dois centímetros.

Após isso, transportaram-se os caju para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós- Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza – CE (FIGURA 4), onde foram caracterizados fisicamente quanto ao peso médio de castanha, de pedúnculo e total, quanto ao tamanho (diâmetros apical e basal e, comprimento) e firmeza de pedúnculo. Logo após as determinações físicas os pedúnculos foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer doméstico a uma temperatura de -20°C . Posteriormente os pedúnculos congelados foram cortados longitudinalmente em quatro porções iguais. Metade de cada pedúnculo foi utilizada para a obtenção da polpa, com uma centrífuga doméstica. Depois disso, foram realizadas determinações físico-químicas como acidez e sólidos solúveis totais (SST). A outra metade foi destinada à determinação dos conteúdos de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e N por meio da metodologia descrita por Silva (2009).

Figura 4 - Amostragem e preparo dos frutos para análises em laboratório de características físicas e químicas, de qualidade e composição. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.



Fotos: Ronialison Fernandes Queiroz.

3.1.3 Massa média de castanha, pedúnculo e total

Por meio de uma balança semi-analítica, determinou-se a massa total (castanha + pedúnculo). Após o congelamento, fez-se o descastanhamento e pesou-se separadamente a

castanha. A massa do pedúnculo foi obtida por diferença da massa total e a da castanha. Todas as pesagens foram efetuadas individualmente e expressas em gramas (g).

3.1.4 Tamanho médio de pedúnculo

Medidas dos diâmetros basal (próximo a castanha), apical e de comprimento dos pedúnculos foram realizadas com o auxílio de paquímetro digital e expressas em milímetros.

3.1.5 Firmeza de polpa

No primeiro ano foi determinada a firmeza de polpa em pedúnculos íntegros, usando-se penetrômetro manual Magness-Taylor modelo FT 011 com ponta de 8 mm de diâmetro. Foram feitas duas leituras por pedúnculo, em lados opostos na porção basal. As leituras, em libras (lbf), foram multiplicadas por 4,4482 para expressar o resultado em Newton (N).

No segundo e terceiro ano foi obtida a média de duas leituras realizadas na porção basal do pedúnculo, usando-se o texturômetro eletrônico Stable Micro Systems modelo TA.XT2i, equipado com *plunger* de 6 mm de diâmetro. O equipamento foi ajustado para uma distância de penetração de 20 mm, à velocidade de 1,0 mm/s e os resultados foram expressos em Newton.

3.1.6 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Após filtração do suco, com papel de filtro, utilizou-se um refratômetro digital, da marca ATAGO PR-101 com variação de 0 a 45° Brix, de acordo com a metodologia recomendada pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC, 1992). O resultado foi expresso em ° Brix.

3.1.7 Acidez Total Titulável

A titulação foi feita com solução de NaOH (0,1 N) até coloração rosa, de uma amostra de 2 gramas (g) do suco diluída em aproximadamente 50 mL de água em um Erlenmeyer de 125 mL sob constante agitação, com 3 gotas de fenolftaleína a 1 %. O resultado foi expresso em percentagem de ácido málico, segundo metodologia descrita em IAL (1985).

3.2 Fertilidade do Solo e Estado Nutricional das Plantas

Para o monitoramento das alterações químicas do solo foram realizadas amostragens aos 6, 12, 18, 24 e 30 meses após a aplicação do bagaço de caju, na projeção da copa e na entrecopa das árvores, separadamente. Para cada planta útil foram coletadas 4 subamostras, num total de 16 por parcela, a fim de constituir uma amostra composta. Na entrecopa as amostras foram coletadas na área central das ruas de tráfego de máquinas, não sombreada entre as copas das árvores.

Para avaliação do estado nutricional das plantas, foram feitas amostragens de folha anualmente, segundo procedimento descrito por Crisóstomo *et al.* (2004), aos 5, 17 e 29 meses depois da aplicação do bagaço.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com auxílio do programa computacional SISVAR e ASSISTAT 7.7.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeitos no solo

4.1.1 Aos seis meses

Observou-se efeito não significativo da interação doses do bagaço x adubação mineral sobre as propriedades químicas do solo (TABELA 3). Para os atributos P e K houve significância para as doses empregadas do bagaço de caju. Em resposta ao fator adubo (ausência e presença da adubação mineral) foi verificado efeito significativo para pH, P, Ca, Mg, H + Al e Mn.

Tabela 3 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Bagaço de caju	Adubo	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- mmolc kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----			
0	Sem adubo mineral	6,0	4,4	7,2	1,0	4,0	2,3	8,7	9,2	6,9	1,0
3,3		5,9	5,7	8,3	1,1	4,7	2,6	12,0	8,3	9,6	1,0
6,6		6,0	5,2	11,1	1,3	5,3	2,5	12,2	7,5	7,1	1,1
9,9		6,0	4,1	11,4	1,6	3,6	2,1	11,1	7,1	8,7	0,8
13,2		6,0	5,0	12,4	1,6	4,7	2,4	11,4	7,9	7,8	1,0
0	Com adubo mineral	5,5	3,7	12,5	0,9	3,5	1,6	12,3	7,2	6,1	0,8
3,3		5,7	4,8	15,4	1,0	3,7	1,5	14,3	8,2	4,4	1,0
6,6		5,6	4,8	15,4	1,0	3,1	1,6	15,0	7,5	5,4	0,7
9,9		5,7	4,9	15,8	1,5	3,7	1,7	15,0	9,1	5,7	0,9
13,2		5,6	4,7	16,8	1,2	3,5	1,6	12,1	7,2	6,4	1,3
F.V	G.L.	----- Q.M. -----									
Bagaço (B)	4	0,01560 ^{ns}	1,6866 ^{ns}	26,5390 ^{**}	0,5030 [*]	0,5471 ^{ns}	0,0240 ^{ns}	13,051 ^{ns}	1,0473 ^{ns}	1,2306 ^{ns}	0,0788 ^{ns}
Adubo (A)	1	1,19370 ^{**}	0,9668 ^{ns}	254,0632 ^{**}	0,2806 ^{ns}	9,5844 ^{**}	6,7192 ^{**}	71,463 ^{**}	0,2441 ^{ns}	58,0087 [*]	0,0033 ^{ns}
Int. B x A	4	0,02627 ^{ns}	0,7842 ^{ns}	3,1605 ^{ns}	0,0366 ^{ns}	1,4622 ^{ns}	0,1762 ^{ns}	3,2540 ^{ns}	4,1142 ^{ns}	6,2335 ^{ns}	0,1469 ^{ns}
Blocos	3	0,01427 ^{ns}	1,1731 ^{ns}	10,0843 ^{ns}	1,0952 ^{ns}	4,6840 ^{**}	0,3420 [*]	4,2559 ^{ns}	1,5858 ^{ns}	12,4642 ^{ns}	2,8348 ^{**}
Erro	27	0,01761	0,71156	4,5533	0,12997	0,85245	0,11529	5,54866	2,64154	7,81639	0,10762
CV (%)		2,3	17,9	16,9	29,6	23,3	17,2	19,0	20,5	41,1	34,0

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao comparar as concentrações de P apresentadas na Tabela 3, com a amostragem inicial do solo na implantação do experimento e das entre linhas (TABELAS 1 e 4), verifica-se acentuada elevação dos valores desse nutriente decorrentes da aplicação do bagaço de caju.

Tabela 4 - Algumas características químicas do solo nas entre linhas do experimento na profundidade de 0-20 cm, aos 6, 12, 18, 24 e 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Meses	pH	MO	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Zn	Mn
		g/kg	mg kg ⁻¹		----- mmol _c kg ⁻¹ -----			-----mg kg ⁻¹ -----		
6	6,0	5,4	5,8	1,0	3,8	2,3	9,2	8,1	0,9	9,8
12	5,8	6,4	2,0	0,9	4,8	2,7	5,9	4,7	0,5	14,9
18	5,9	5,0	3,2	1,0	4,1	2,4	7,4	4,6	0,3	9,0
24	5,6	4,0	2,3	0,9	3,8	3,1	11,1	3,2	0,5	3,0
30	6,0	4,1	2,6	0,9	3,4	2,1	12,2	5,2	1,0	3,1
Média	5,8	5,0	3,2	0,9	4,0	2,5	9,2	5,2	0,6	8,0

MO - Matéria Orgânica.

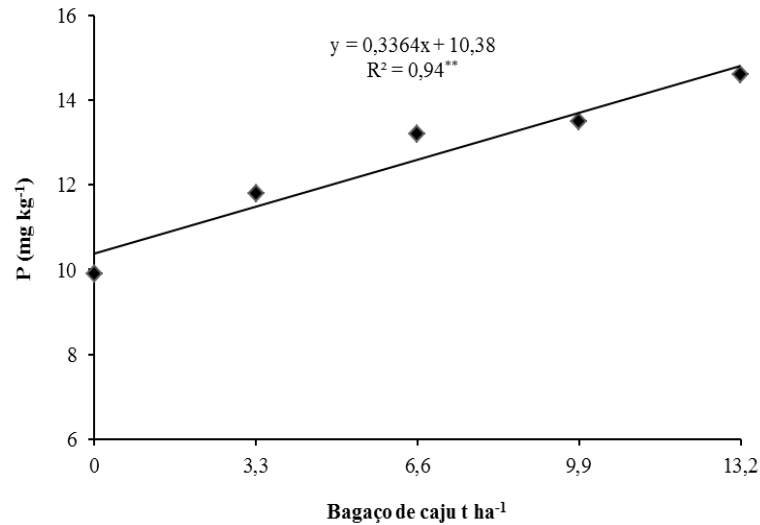
Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise de regressão revelou que a quantidade de P aumentou de forma linear, proporcionalmente às doses do bagaço. O aumento foi de 4,7 mg kg⁻¹, quando se compara a dose 0 com a maior dose que é de 13,2 t ha⁻¹. Provavelmente esse comportamento é devido à mineralização do P encontrado no bagaço (FIGURA 5). Comportamento semelhante foi observado por Corrêa *et al.* (2008), em que o incremento das doses do de caju aumentaram significativamente os valores de P no solo. Os mesmos autores relatam que esse aumento é devido o aporte de material orgânico e seu conteúdo, especialmente P e K.

Mantovani *et al.* (2004) trabalharam com resíduo da indústria processadora de goiaba em casa de vegetação e também observaram aumentos nas concentrações de P no solo. Esse comportamento pôde ser corroborado por Souza (2009) em experimento realizado no campo em pomar de goiabeira adubado com o próprio subproduto dessa fruteira.

De acordo com Cantarella *et al.* (1992), a liberação de P contido em materiais orgânicos, em geral, ocorre de forma relativamente lenta. Entretanto, há relatos de grandes acréscimos de P disponível em solos em períodos relativamente curtos, de 30 a 60 dias, com a adição de resíduos, como o composto de lixo urbano (ABREU JUNIOR *et al.*, 2002; MAZUR *et al.*, 1983). Esse comportamento foi semelhante ao encontrado no presente estudo, pois as quantidades de P só foram influenciadas pelo resíduo na primeira coleta de solo aos seis meses após a aplicação do resíduo. Isso ocorreu muito provavelmente, devido à baixa relação C/N do material aplicado.

Figura 5 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de P (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.

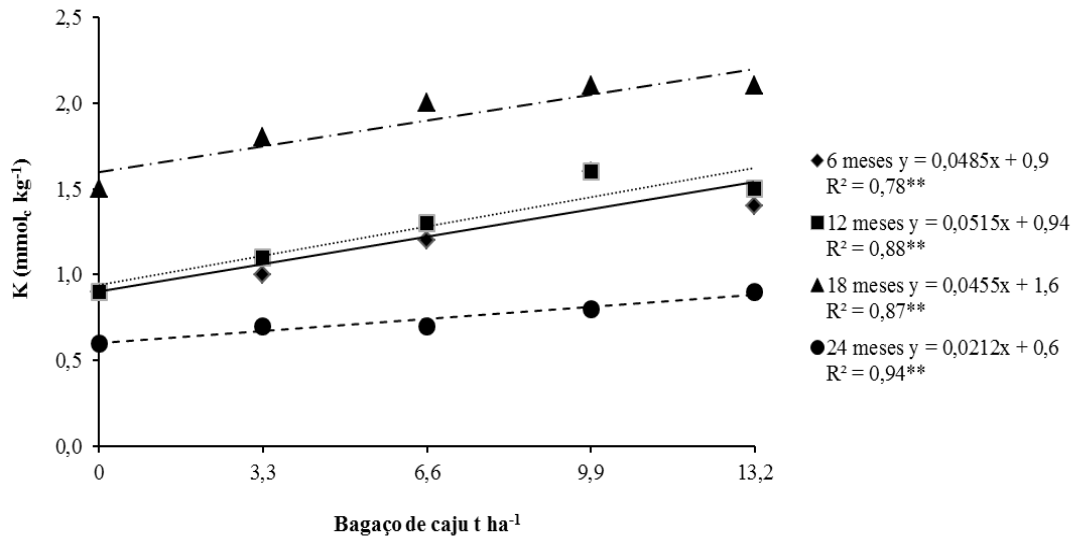


Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os vários nutrientes que as plantas necessitam para o seu desenvolvimento, o P ocupa lugar de destaque devido à sua carência na maioria dos solos brasileiros (LOPES *et al.*, 2004). Desse modo, o aumento da concentração de P é um dos benefícios da aplicação do bagaço em pomares de caju.

Verificou-se aumento linear significativo da concentração de K no solo aos 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação do bagaço, com o incremento das doses do bagaço de caju independente da ausência ou presença da adubação mineral (FIGURA 6). Dentre todos os nutrientes avaliados o K foi o mais influenciado, visto que, das cinco amostragens de solo, a regressão foi significativa em quatro. Isso pode ter ocorrido devido ao fato desse nutriente ser mais prontamente liberado pelos resíduos orgânicos, pois é um elemento presente nos tecidos vegetais sob a forma iônica e não integra nenhum composto orgânico estável (MALAVOLTA *et al.*, 1989). Portanto, a utilização do bagaço de caju como adubo orgânico pode reduzir a adubação potássica mineral, pois todo K contido no bagaço deve estar praticamente disponível.

Figura 6 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de K (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, aos 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Braga (2008) relatou um efeito linear crescente com incremento de doses de bagaço de caju, em consequência do considerável teor desse nutriente e da rápida mineralização do mesmo. Neste sentido, a dose de 50 t ha⁻¹ aumentou aproximadamente 260% os teores de K no substrato em relação à dose zero.

Torres (2008) estudou a incubação do resíduo da indústria processadora de goiabas em um Argissolo e verificou incremento nas concentrações de K após 180 dias de incubação. Corrêa *et al.* (2005) constataram incrementos lineares de K no solo, após a aplicação de doses crescentes desse mesmo tipo de subproduto, em ensaio conduzido durante 90 dias.

É importante observar que aos 12 meses após a aplicação do bagaço o aumento das doses do bagaço de caju possibilitou que os níveis de K no solo saíssem da faixa considerada baixa para a faixa adequada segundo Crisóstomo *et al.* (2009). Isso porque a dose 0 e 13,2 t ha⁻¹ proporcionaram ao solo níveis médios de 0,9 mmol_c kg⁻¹ e 1,6 mmol_c kg⁻¹ respectivamente (FIGURA 6).

Os níveis de K encontrados na coleta de solo realizada aos dezoito meses após a aplicação do bagaço mostram um aumento em relação aos níveis obtidos na coleta anterior. Possivelmente isso foi causado pela liberação do K do bagaço no período que antecedeu essa coleta. O maior nível de K encontrado nessa amostragem foi de 2,1 mmol_c kg⁻¹, proporcionado pelas doses 6,6 e 13,2 t ha⁻¹ do bagaço de caju, no qual se encontra dentro da faixa considerada adequada segundo Crisóstomo *et al.* (2009).

Embora os níveis de K tenham sido influenciados pelas doses crescentes do bagaço, os valores encontrados na coleta de solo realizada aos 24 meses após a aplicação do bagaço foram inferiores aos níveis observados nas coletas anteriores (FIGURA 6). O valor correspondente a maior dose do bagaço ($0,9 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$) foi abaixo do ideal segundo Crisóstomo *et al.* (2009). Essa diminuição no conteúdo de K pode ser em função da diminuição das quantidades do bagaço presente no solo, pois já haviam se passados dois anos da aplicação do mesmo e não foi feita a reaplicação desse subproduto. Malavolta *et al.* (2000) mencionam que o adubo orgânico tem a capacidade de reduzir as perdas de K pelas lavagens do solo, além de liberar nutrientes para as plantas e facilitar sua absorção.

Com relação aos efeitos do fator adubo em algumas propriedades químicas da camada superficial do solo (0-20 cm) nota-se que o pH foi afetado significativamente pela adubação mineral, no qual o menor valor de pH ocorreu na presença da adubação mineral (TABELA 5). A redução no valor do pH na presença da adubação mineral, pode ser explicada, visto que a fonte de N utilizada neste experimento foi a uréia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$], que gera amônio pela sua hidrólise, pois no processo de nitrificação há formação de dois prótons (H^+) para cada íon de NH_4^+ nitrificado (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Embora a adubação mineral tenha contribuído para a diminuição do pH no solo, o mesmo se encontra na faixa de acidez considerada baixa segundo Rajj (1996).

Tabela 5 - Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, Ca, Mg, H + Al e Mn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	pH	P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Mn
		mg kg ⁻¹	----- mmol _c kg ⁻¹ -----			mg kg ⁻¹
Ausente	5,9A	10,1B	4,4A	2,3A	11,0B	7,9A
Presente	5,6B	15,2A	3,4B	1,5B	13,7A	5,5B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação à acidez potencial (H + Al), observou-se comportamento inversamente proporcional em relação a acidez efetiva (pH) o que era esperado devido a maior presença de prótons H^+ dissociado na solução do solo. É conhecida a relação direta entre pH e H + Al, o que explica o aumento desta variável, já que houve acidificação do meio. O incremento de H + Al gerado com a aplicação do adubo mineral foi de $2,7 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (TABELA 5).

A quantidade de P no solo aumentou significativamente na presença da adubação mineral. Os valores apresentados na Tabela 5 mostraram que sem a adubação mineral as quantidades de P no solo estavam baixos, de acordo com as classificações de Crisóstomo *et*

al. (2003); Raij (1996). Quando na presença do adubo mineral, os teores de P encontravam-se dentro da faixa considerada adequada por Crisóstomo *et al.* (2003) e média segundo Raij (2003). O P é um nutriente que tem como particularidade o alto grau de interação com o solo. Essa característica, associada à sua deficiência em vastas áreas da agricultura brasileira, fez desse elemento o mais crítico nas adubações nas últimas décadas (RAIJ, 2011). O próprio autor relata que com o uso crescente de fertilizantes minerais, a deficiência desse nutriente foi sendo reduzida, embora não eliminada.

Observou-se também que o solo que recebeu adubação mineral apresentou menores quantidades de Ca e Mg, resultado coerente com o valor de pH mais baixo obtido nas parcelas que receberam adubação mineral, visto que o pH interfere na disponibilidade desses dois macronutrientes (TABELA 5). Segundo Prado (2008) no solo diversos fatores afetam a disponibilidade de Ca, como o valor do pH, sendo aquele próximo de 6,5 em que a disponibilidade é maior. É importante salientar que não foi realizada adubação com fontes de Ca e Mg. Os níveis de Ca tanto na presença como na ausência da adubação mineral encontravam-se dentro da faixa considerada adequada por Crisóstomo *et al.* (2003). No que diz respeito ao conteúdo de Mg, independente da adubação química, o mesmo encontrava-se na faixa considerada baixa segundo Raij (1996).

No caso do Mn foi possível observar que o teor desse elemento no solo foi maior na ausência da adubação mineral. A possível explicação para esse comportamento foi que ocorreu a formação de complexos orgânicos insolúveis ou de baixa solubilidade com a presença do bagaço de caju. A fração orgânica do solo é muito complexa e compõe-se de grande variedade de compostos solúveis e insolúveis com grupos funcionais que são bastante reativos com os micronutrientes, a saber: carboxila, hidroxila fenólica e alcoólica, quinona, carbonil cetônico, amino e sulfrídila (ABREU *et al.*, 2007). O P também pode ter influenciado neste comportamento, pois o mesmo precipita os micronutrientes metálicos e o seu valor na presença da adubação mineral foi bem superior ao valor encontrado na ausência (TABELA 5). Os teores de Mn tanto na presença como na ausência da adubação mineral estavam altos segundo Raij (1996).

4.1.2 Aos doze meses

Não houve efeito significativo da interação resíduo x adubo nas propriedades químicas do solo (TABELA 6). Dentre as variáveis estudadas o K e o H + Al sofreram modificações

significativas com as doses do pagão aplicadas. O efeito do adubo foi significativo para pH, P, K, Ca, Mg, H + Al, Mn e Zn.

Tabela 6 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 12 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

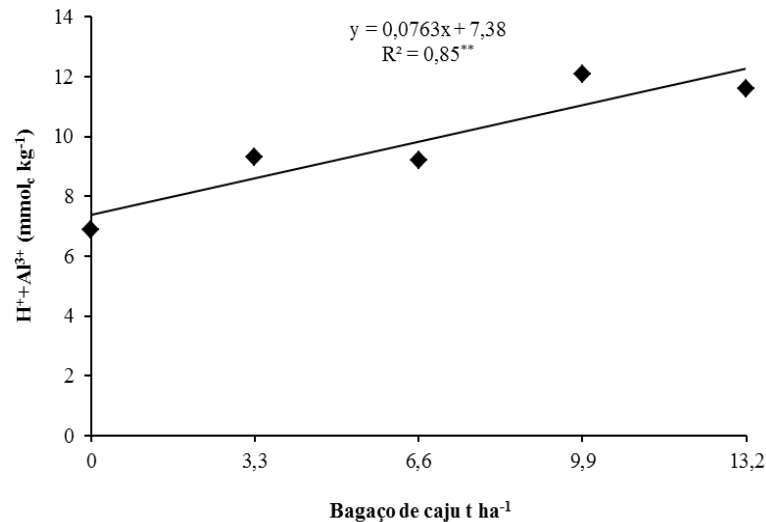
Bagaço de caju	Adubo	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- mmolc kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----			
0	Sem adubo mineral	5,8	5,4	3,6	0,9	3,9	2,3	6,2	5,0	13,1	0,3
3,3		5,8	5,7	5,3	1,2	4,3	2,6	8,6	6,4	15,3	0,4
6,6		5,8	6,6	3,9	1,5	3,7	2,5	9,1	3,8	14,5	0,4
9,9		5,9	6,1	4,2	1,8	3,9	2,5	10,9	4,0	17,0	0,4
13,2		5,8	6,2	5,4	1,6	3,8	2,4	11,8	4,5	12,9	0,3
0	Com adubo mineral	5,7	6,2	7,0	0,9	4,2	2,0	7,6	5,3	8,6	0,8
3,3		5,5	5,7	8,1	1,1	3,2	1,7	9,9	5,2	7,2	0,6
6,6		5,4	6,3	6,7	1,1	3,2	1,6	9,2	7,1	8,0	0,7
9,9		5,5	7,1	8,0	1,4	3,0	1,9	13,3	6,8	13,3	0,6
13,2		5,6	5,1	8,4	1,4	3,2	1,8	11,5	4,3	9,2	0,4
F.V	G.L.	----- Q.M. -----									
Bagaço (B)	4	0,0224 ^{ns}	1,5813 ^{ns}	4,6276 ^{ns}	0,6864 ^{**}	0,5598 ^{ns}	0,0231 ^{ns}	35,6669 ^{**}	2,2423 ^{ns}	26,6928 ^{ns}	0,0443 ^{ns}
Adubo (A)	1	0,9734 ^{**}	0,0261 ^{ns}	97,7421 ^{**}	0,5327 [*]	3,4398 ^{**}	4,4329 ^{**}	9,7121 [*]	9,6579 ^{ns}	279,154 ^{**}	0,7009 ^{**}
Int. B x A	4	0,0298 ^{ns}	1,4515 ^{ns}	0,3154 ^{ns}	0,0692 ^{ns}	0,5276 ^{ns}	0,1178 ^{ns}	2,4058 ^{ns}	7,5409 ^{ns}	7,6135 ^{ns}	0,0406 ^{ns}
Blocos	3	0,1018 ^{**}	5,5497 ^{**}	5,9248 ^{ns}	0,2092 ^{ns}	0,6441 ^{ns}	0,0561 ^{ns}	5,3003 ^{ns}	6,8726 ^{ns}	55,8109 ^{ns}	0,0863 ^{ns}
Erro	27	0,01254	0,65128	4,88450	0,07961	0,23055	0,07842	1,94963	5,65798	24,98652	0,02951
CV (%)		2,0	13,4	36,5	22,0	13,2	13,1	14,2	45,5	41,9	33,8

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações de H + Al também sofreram alterações significativas em função das doses do bagaço de caju e se ajustou a um modelo linear de regressão (FIGURA 7).

Figura 7 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de H + Al (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, 12 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Trannin *et al.* (2008) trabalharam com a aplicação de biossólido oriundo da indústria de fibras e resinas em solo cultivado com milho e verificaram que todos os tratamentos causaram elevação da acidez potencial em relação à área adjacente, mas o maior teor de Al³⁺ trocável e o menor valor de pH ocorreram com a aplicação da dose máxima de biossólido que foi de 24 t ha⁻¹ em base seca. Os mesmos autores relataram que acidificação do solo causada pela aplicação do biossólido pode ter ocorrido pelo fato do resíduo não ser tratado com calcário e, por isso, apresentar baixa eficiência corretiva; além disso, o processo de nitrificação do N adicionado via biossólido pode ter causado a acidificação do solo, como observado por Boeira *et al.* (2002). Resultados semelhantes também foram observados por Simonete *et al.* (2003), no qual a adição de lodo de esgoto até a dose máxima de 50 t ha⁻¹ reduziu o pH do solo e conseqüentemente o aumento do H + Al, ambos de forma quadrática. Esses autores atribuíram a acidificação às reações de nitrificação do N amoniacal, à provável oxidação de sulfitos e à produção de ácidos orgânicos durante a degradação do resíduo por microrganismos. Basta; Sloan (1999) não recomendam o uso de biossólidos ácidos em solos com reação também ácida, em virtude de aumentar os riscos de lixiviação e fitotoxicidade de metais. Logan *et al.* (1997) observaram decréscimo no pH no primeiro ano de aplicação de lodo de esgoto não tratado com cal, imediatamente após a aplicação de 7,5 e 15 t ha⁻¹. Contudo, Berton *et al.* (1989), Sloan; Basta (1995) e Silva *et al.* (2001) constataram

acréscimos nos valores de pH e decréscimos no valores de H + Al com a adição de lodo de esgoto, aos quais atribuíram à alcalinidade do material utilizado. A discrepância desses resultados está associada às diferentes características dos resíduos.

Na segunda coleta de solo realizada aos doze meses após a aplicação do bagaço o comportamento do pH e do H + Al em resposta a adubação química foi semelhante a amostragem anterior (TABELA 7). Como pode ser visto o valor de pH permaneceu em níveis satisfatórios (CRISÓSTOMO *et al.*, 2003).

Tabela 7 - Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, K, Ca, Mg, H + Al, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 12 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Mn	Zn
		mg kg ⁻¹	-----	mmolc kg ⁻¹	-----	-----	mg kg ⁻¹	-----
Ausente	5,8A	4,4B	1,3A	3,9A	2,4A	9,3B	14,5A	0,3B
Presente	5,5B	7,6A	1,1B	3,3B	1,8B	10,3A	9,2B	0,6A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser visto na Tabela 7 a adição do adubo mineral influenciou positivamente aumentando a quantidade de P no solo. Esse efeito é importante, tendo em vista que, o P limita a produção. Ghosh (1990) estudou o efeito do P e constatou um significativo incremento na produção de castanhas (número e peso), decorrente de sua aplicação no cajueiro, resultando num aumento de produção de cerca de 64%. O P desempenha um papel chave no processo de transferência de energia, respiração e fotossíntese, além de estar presente em ácidos nucleicos, nucleotídeos e fosfolipídeos.

Embora tenha havido efeito significativo para o K como observado na Tabela 7 os valores encontrados ficaram muito próximos um do outro, sendo que o valor na ausência da adubação química foi ligeiramente superior. Mesmo com a realização da adubação mineral os valores desse macronutriente continuaram baixos (CRISÓSTOMO *et al.*, 2009). Segundo Ghosh (1990) à semelhança do P, o K também aumentou significativamente o número e o peso total de castanhas por planta. O K exerce um papel vital na síntese de aminoácidos e proteínas oriundos dos íons de amônio absorvidos do solo. Além disso, também responde pela manutenção da organização celular, regulando a permeabilidade da membrana celular e mantendo o protoplasma num grau adequado de hidratação, mediante a estabilização de emulsões de partículas altamente coloidais. Ainda segundo o mesmo autor, as maiores doses de N, P e K proporcionaram o maior índice de aproveitamento de amêndoas por planta/ano. A

amêndoa é rica em gorduras, proteínas, fósforo e outros constituintes, com o N, P e K desempenhando um papel importante na sua síntese.

Os teores de Ca e Mg encontrados na coleta realizada aos 12 meses após a aplicação do bagaço mantiveram-se próximos dos valores encontrados na amostragem anterior, tendo em vista que, o pH manteve-se praticamente inalterado, pois é um fator limitante na disponibilidade desses dois macronutrientes (TABELA 7). Em solos cultivados em geral o Ca não constitui um fator limitante, semelhante a N e P, que é para a maioria das culturas (PRADO *et al.*, 2007). Segundo Prado (2008) uma das principais funções do Ca é na estrutura da planta, como integrante da parede celular, incrementando a resistência mecânica dos tecidos, e como neutralizador de ácidos orgânicos no citosol. A parede celular é quantitativamente o maior “produto” das plantas, constituindo a sua verdadeira estrutura. O Ca pode influenciar a textura, a firmeza e a maturação dos frutos (HANSON *et al.*, 1993) e reduzir a taxa de degradação de vitamina C, de produção de etileno e CO₂ e a incidência de doenças pós-colheita (CONWAY; SAMS, 1983). Assim, Prado *et al.* (2005) observaram que o aumento do Ca no fruto de goiaba promoveu maior firmeza do fruto, e redução da perda de água. Isso leva a melhor qualidade pós-colheita, garantindo maior período de armazenamento. Resultados semelhantes foram obtidos por Prado *et al.* (2005) em frutos de carambola.

Existem indicações de que a relação de Ca:Mg no solo deve ser equilibrada. Munoz Hernandez; Silveira (1998) verificaram que a relação Ca:Mg baixa no solo (2:1 ou 3:1) proporcionou melhor crescimento do milho, comparando com relação alta (4:1 ou 5:1).

O conteúdo de Mn encontrado nessa amostragem de solo foi praticamente o dobro das quantidades encontradas na amostragem de solo anterior, permanecendo os valores, tanto na presença como na ausência, altos (TABELA 7). O aumento no teor desse micronutriente é em virtude da adubação química e orgânica.

Como pode ser observado na Tabela 7 houve diferença significativa entre as concentrações de Zn no solo, onde na ausência da adubação mineral o teor desse micronutriente foi baixo enquanto que na presença da adubação mineral esse teor passou a ser médio segundo classificação de Raij (1996). Essa diferença foi em virtude da adubação mineral e da diferença de pH, visto que, quanto mais alto seu valor, menor será sua disponibilidade na solução do solo (PRADO, 2008). Segundo o mesmo autor o Zn é um micronutriente limitante para a maioria das culturas, pela sua baixa concentração no solo e por sua disponibilidade ser muito influenciada por diversos fatores como o pH já mencionado anteriormente, altas doses de fertilizantes fosfatados, solos com alto teor de matéria orgânica e também solos com alta umidade associados a baixa temperatura.

4.1.3 Aos dezoito meses

Os efeitos de resíduo e adubo promoveram diferenças significativas na concentração de K no solo (TABELA 8). O efeito do adubo, por sua vez, também promoveu alterações significativas para as variáveis pH, P, K, Ca, Mg, H + Al, Fe, Mn e Zn. Não foi observado efeito da interação para nenhum dos atributos analisados.

Tabela 8 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Bagaço de caju	Adubo	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- mmol _c kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----			
0	Sem adubo mineral	5,9	4,4	4,5	1,1	3,7	2,4	9,4	4,5	5,4	0,5
3,3		5,9	4,8	4,8	1,3	3,8	2,6	10,2	4,2	5,5	0,6
6,6		6,0	5,1	5,0	1,6	3,6	2,3	11,1	3,8	5,8	0,4
9,9		6,0	4,4	7,1	1,8	3,5	2,4	11,1	4,4	5,9	0,5
13,2		6,0	4,8	6,3	1,8	3,7	2,2	9,4	3,8	6,5	0,5
0	Com adubo mineral	5,9	4,2	23,7	1,9	3,8	2,0	11,3	5,2	3,8	1,0
3,3		5,8	4,4	28,4	2,3	3,0	1,7	12,4	5,8	4,4	0,8
6,6		5,9	4,6	24,1	2,4	3,2	1,8	13,3	5,3	4,8	0,9
9,9		5,8	5,4	24,1	2,4	3,7	2,0	16,1	5,7	3,8	1,3
13,2		5,8	5,1	20,5	2,3	3,0	1,9	13,7	4,8	4,1	0,7
F.V	G.L.	----- Q.M. -----									
Bagaço (B)	4	0,0048 ^{ns}	0,6195 ^{ns}	12,9956 ^{ns}	0,48251 ^{**}	0,2686 ^{ns}	0,0504 ^{ns}	11,5735 ^{ns}	0,7650 ^{ns}	0,8640 ^{ns}	0,0974 ^{ns}
Adubo (A)	1	0,1525 ^{**}	0,0169 ^{ns}	3469,00 ^{**}	4,61178 ^{**}	1,2040 [*]	2,7139 ^{**}	98,3606 ^{**}	15,3016 ^{**}	27,2580 ^{**}	1,9184 ^{**}
Int. B x A	4	0,0066 ^{ns}	0,8098 ^{ns}	24,0087 ^{ns}	0,08391 ^{ns}	0,4429 ^{ns}	0,1130 ^{ns}	4,0897 ^{ns}	0,2505 ^{ns}	0,6802 ^{ns}	0,1076 ^{ns}
Blocos	3	0,0182 ^{ns}	2,9378 ^{**}	8,6741 ^{ns}	0,04943 ^{ns}	0,8576 [*]	0,1008 ^{ns}	26,5059 [*]	0,3884 ^{ns}	2,7824 ^{ns}	0,0507 ^{ns}
Erro	27	0,01601	0,36277	15,9044	0,08422	0,23120	0,06537	6,40209	0,66918	2,03704	0,05633
CV (%)		2,1	12,7	26,9	15,4	13,8	12,0	21,4	17,3	28,6	33,3

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na terceira coleta de solo realizada aos dezoito meses após a aplicação do bagaço de caju o comportamento do pH e do H + Al foram semelhantes as coletas anteriores, embora a diferença nos valores de pH na presença e na ausência da adubação mineral tenha sido somente de 0,1 unid. (TABELA 9). O mesmo permaneceu em níveis satisfatórios.

Tabela 9 - Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, K, Ca, Mg, H + Al, Fe, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Mn	Zn
		mg kg ⁻¹	-----	mmol _c kg ⁻¹	-----	-----	mg kg ⁻¹	-----	
Ausente	5,9A	5,5B	1,5B	3,6A	2,3A	10,2B	4,1B	5,8A	0,4B
Presente	5,8B	24,1A	2,2A	3,3B	1,8B	13,3A	5,3A	4,1B	0,9A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Destaque deve ser dado à quantidade de P encontrado nessa amostragem de solo, que na presença da adubação química o valor encontrado foi praticamente cinco vezes maior (TABELA 9). É bem sabido que o P, junto com o N, é um dos nutrientes que mais limitam a produção das culturas no Brasil.

A adubação mineral permitiu que as concentrações de P e K passassem para níveis considerados satisfatórios (RAIJ *et al.*, 1996; KERNOT, 1998; CRISÓSTOMO *et al.*, 2003) (TABELA 9). Ghosh; Bose (1986) avaliaram o efeito da adubação com N, P e K, isoladamente ou em combinações binárias e terciárias, tendo relatado que os maiores rendimentos de castanha foram obtidos com a combinação N, P₂O₅ e K₂O equivalente a 200, 75 e 100 g planta⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Posteriormente, Ghosh (1989), trabalhando com plantas de sete anos de idade, por três anos sucessivos, concluiu que o maior rendimento de castanha foi obtido com a combinação N, P₂O₅ e K₂O (500, 200 e 200 g planta⁻¹ ano⁻¹). Resultados semelhantes foram relatados por Mahanthesh; Melanta (1994), contudo, a dose de P foi somente a metade daquela observada pelo autor anterior.

Como pode ser visto na Tabela 9 as quantidades de Ca e Mg diferiram significativamente, apresentando valores inferiores na presença da adubação mineral, o comportamento foi semelhante as amostragens anteriores. Segundo Raij (2011) uma das funções importantes do magnésio, como elemento central da molécula da clorofila, é a participação na fotossíntese.

Quanto aos valores de Fe, os mesmos se encontram dentro dos teores médios nos limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos (RAIJ *et al.*, 1996) (TABELA 9). Segundo o mesmo autor existem diversos fatores que podem afetar o Fe disponível no

solo: o desequilíbrio em relação aos outros metais (Mo, Cu e Mn), o excesso de P, os efeitos do pH elevado, o encharcamento do solo, as baixas temperaturas, entre outros. Assim, é importante manter no solo concentrações adequadas de Fe, sendo mais vantajosa a aplicação do nutriente em solos com concentrações consideradas baixas ($< 5 \text{ mg dm}^{-3}$) ou médias (5-12 mg dm^{-3}), às quais as respostas das culturas são maiores.

O Mn mais uma vez diferiu significativamente apresentando valores inferiores na presença da adubação química (TABELA 9). As possíveis causas para esse comportamento já foram discutidas anteriormente.

Os teores de Zn nessa amostragem de solo foram semelhantes a coleta realizada aos 12 meses, permanecendo adequado na presença da adubação química, mas baixo na ausência da adubação (TABELA 9). É importante que os teores permaneçam em sua faixa ótima, tendo em vista que, a máxima produção e a qualidade ótima do fruto são alcançadas quando o *status* nutricional da planta é ideal. Sob muitas situações agrícolas, essa condição é satisfeita pelo suprimento anual de fertilizantes. O aspecto nutricional é particularmente importante para os frutos, visto a influência que os elementos minerais exercem sobre sua qualidade. As plantas frutíferas são altamente responsivas à adição de fertilizantes. Em muitos casos, a adubação e o estado nutricional das culturas podem afetar não apenas a produtividade, mas o tamanho e o peso do fruto, a cor, a conservação pós-colheita, a resistência a pragas e doenças, etc..

4.1.4 Aos vinte e quatro meses

Observou-se efeito não significativo da interação doses do bagaço x adubação mineral sobre as propriedades químicas do solo (TABELA 10). Somente o K foi influenciado significativamente pelas doses do bagaço. Pode ser observado também que houve significância em função da ausência e presença da adubação mineral para as variáveis pH, P, K, Mg, H + Al, Mn e Zn.

Tabela 10 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 24 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Bagaço de caju	Adubo	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- mmol _c kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----			
0	Sem adubo mineral	5,5	5,0	3,8	0,7	2,9	2,4	10,1	6,4	6,3	0,5
3,3		5,4	5,9	3,4	0,8	3,5	2,7	11,1	5,3	9,0	0,4
6,6		5,3	6,1	4,0	0,8	3,7	2,6	12,2	3,9	10,3	0,4
9,9		5,3	5,1	6,0	0,9	3,1	2,5	11,5	4,2	11,7	0,4
13,2		5,1	5,8	5,4	1,0	3,3	2,4	14,4	5,1	9,8	0,4
0	Com adubo mineral	5,1	5,4	11,7	0,6	3,3	1,4	13,5	5,4	3,9	1,0
3,3		4,9	5,8	11,6	0,6	3,6	1,9	15,2	6,4	4,0	1,1
6,6		4,9	5,7	10,9	0,7	3,2	1,6	14,9	5,5	3,1	1,0
9,9		4,9	5,5	10,8	0,7	3,3	1,9	16,0	5,2	4,7	0,8
13,2		4,8	6,1	10,4	0,8	3,0	1,7	14,9	4,8	4,7	0,6
F.V	G.L.	----- Q.M. -----									
Bagaço (B)	4	0,0843 ^{ns}	0,8176 ^{ns}	1,1229 ^{ns}	0,0777 ^{**}	0,2691 ^{ns}	0,1448 ^{ns}	8,4976 ^{ns}	2,8453 ^{ns}	10,2436 ^{ns}	0,0611 ^{ns}
Adubo (A)	1	1,4554 ^{**}	0,1578 ^{ns}	427,341 ^{**}	0,1996 ^{**}	0,0216 ^{ns}	6,7597 ^{**}	90,6762 ^{**}	2,6728 ^{ns}	283,743 ^{**}	1,9382 ^{**}
Int. B x A	4	0,0118 ^{ns}	0,2784 ^{ns}	4,9777 ^{ns}	0,0124 ^{ns}	0,2744 ^{ns}	0,0492 ^{ns}	5,0774 ^{ns}	2,3221 ^{ns}	7,4719 ^{ns}	0,0696 ^{ns}
Blocos	3	0,0869 ^{ns}	1,3620 ^{ns}	6,9498 ^{ns}	0,0734 ^{**}	0,2947 ^{ns}	0,1399 ^{ns}	17,1379 ^{**}	0,6250 ^{ns}	3,5789 ^{ns}	0,2109 ^{ns}
Erro	27	0,03505	0,78398	2,90000	0,00769	0,27199	0,13764	3,67918	1,68205	4,26517	0,08335
CV (%)		3,7	15,7	21,8	11,5	15,7	17,6	14,3	24,9	30,5	44,3

ns - não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 11 estão sumarizados os valores de pH, que mais uma vez, diferiram significativamente. Observa-se que o valor foi menor na presença da adubação mineral, assim como nas amostragens anteriores embora o valor se encontre fora da faixa considerada satisfatória. Em resposta a diminuição do pH devido sua estreita relação os valores de H + Al aumentaram diferindo também estatisticamente, com valor superior na presença da adubação química. O controle desses dois atributos são importantes pois os mesmos influenciam diretamente na disponibilidade dos nutrientes para a planta, visto que, a agricultura baseada em altas produtividades pressupõe elevadas aplicações de insumos, a fim de suprir a demanda nutricional das plantas. Entretanto, um ambiente radicular adverso pode comprometer o aproveitamento dos elementos aplicados. Frequentemente, as respostas à adubação são inibidas devido à reação ácida dos solos.

Tabela 11 - Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, K, Mg, H + Al, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 24 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	pH	P	K ⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Mn	Zn
		mg kg ⁻¹	-----	mmolc kg ⁻¹	-----	--- mg kg ⁻¹	---
Ausente	5,1A	4,5B	0,8A	2,5A	11,9B	9,5A	0,4B
Presente	4,9B	11,1A	0,7B	1,7B	14,9A	4,1B	0,9A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os macronutrientes P e K diferiram estatisticamente novamente com pode ser visto na Tabela 11. Os valores se mostraram inferiores aos encontrados nas coletas de solo realizadas anteriormente, muito provavelmente, em virtude dos valores de pH que foram inferiores nessa coleta de solo. Grundon (1999) trabalhou por três anos sucessivos, com plantas de cajueiro com quatro anos de idade e relatou aumentos substanciais sobre a produção de castanha, com aplicação de P até 288 g planta⁻¹ ano⁻¹, porém, nenhuma reposta foi observada com aplicação de K₂O, até 3.000 g planta⁻¹ ano⁻¹. Contrariando, portanto, os resultados encontrados por Crisóstomo *et al.* (2004) que mostraram que o cajueiro-anão precoce cultivado em regime de sequeiro responde, satisfatoriamente, à adubação com N e K₂O, no qual, obtiveram maior retorno econômico com a aplicação de 21,9 e 8,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O, respectivamente e os relatados por outros autores. Tais diferenças poderão ser atribuídas à capacidade suprimento de K do solo do pesquisador citado, bem como, ao K acumulado nos tecidos das plantas, em razão dos incrementos ocorridos desde o início do cultivo.

Quando da avaliação de doses crescentes de N (0, 200, 400 600 g planta⁻¹ ano⁻¹) na presença de P₂O₅ e K₂O, nas doses de 200 e 400 g planta⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, Ghosh (1990), constatou que as variáveis peso de castanha, número de castanha, altura e envergadura de plantas foram crescentes e atingiram o máximo com 600 g de N planta⁻¹ ano⁻¹.

Estudando a localização da aplicação de fertilizantes, Subramanian *et al.* (1995) observaram que o maior rendimento de castanha em plantas com quinze anos de idade, foi obtido com 250, 125 e 125 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, quando aplicados em uma faixa circular de 1,5 m de largura e raios de 1,5 e 3,0 m de distância do tronco.

Objetivando à avaliação da produção de matéria seca de plantas de cajueiro, Vishnuvardhana *et al.* (2002) observaram que os maiores rendimentos de castanha foram obtidos com a combinação N, P e K, (1000, 250 e 250) g planta⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Contudo, do ponto de vista econômico, a formulação N, P, K, (500, 250, 250) g planta⁻¹ ano⁻¹ foi o tratamento que produziu melhor resultado.

Os teores de Mg, Mn e Zn diferiram significativamente, como pode ser observado na Tabela 11. As respostas desses nutrientes a adubação mineral foi semelhante ao encontrado na coleta de solo realizada aos dezoito meses.

4.1.5 Aos trinta meses

Não houve efeito da interação resíduo x adubo evidenciando a ausência dessa interação nas cinco coletas de solo. Já a adição do resíduo afetou significativamente a concentração de H + Al do solo, e a adubação mineral, por sua vez, afetou o pH, P, Ca, Mg, H + Al, Fe, Mn e Zn (TABELA 12).

Tabela 12 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre as propriedades químicas do Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

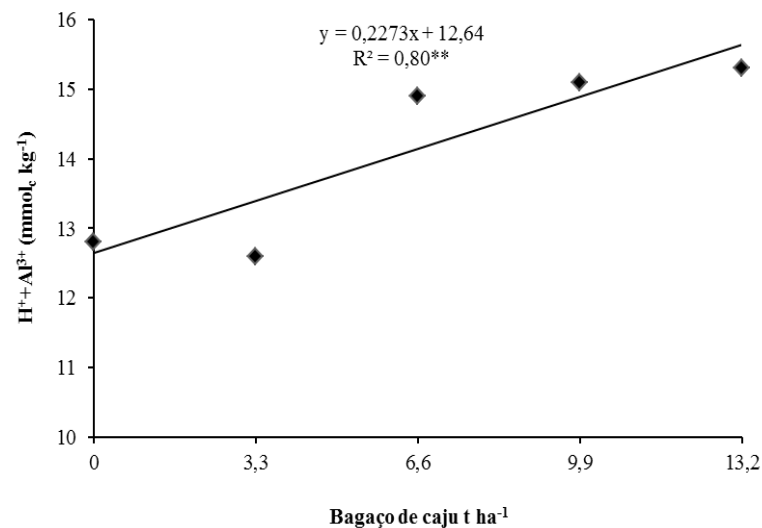
Bagaço de caju	Adubo	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- mmol _c kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----			
0	Sem adubo mineral	5,4	4,2	4,4	1,0	3,5	2,2	10,2	5,3	4,9	0,6
3,3		5,5	4,8	3,3	1,0	3,7	2,4	11,3	5,0	5,8	0,7
6,6		5,3	5,0	4,0	1,0	3,4	2,2	14,5	3,9	5,3	0,7
9,9		5,6	4,4	3,6	1,1	3,4	2,3	12,8	4,2	6,3	0,6
13,2		5,4	4,6	3,7	1,1	3,8	2,3	13,0	5,4	5,9	0,7
0	Com adubo mineral	5,0	4,6	13,7	1,0	4,2	1,2	15,4	5,1	3,0	1,4
3,3		4,9	4,5	13,8	1,0	4,0	1,3	14,0	6,3	2,9	1,2
6,6		4,9	4,7	14,6	1,0	3,7	1,6	15,2	5,2	3,4	1,0
9,9		5,0	5,4	13,4	1,0	4,7	1,7	17,4	5,7	3,4	1,2
13,2		4,8	5,3	13,1	1,0	4,0	1,6	17,6	5,4	4,2	1,3
F.V	G.L.	----- Q.M. -----									
Bagaço (B)	4	0,0433 ^{ns}	0,4450 ^{ns}	1,3712 ^{ns}	0,0155 ^{ns}	0,2348 ^{ns}	0,0879 ^{ns}	13,6747 [*]	1,5846 ^{ns}	1,5531 ^{ns}	0,0215 ^{ns}
Adubo (A)	1	2,7196 ^{**}	0,9686 ^{ns}	985,387 ^{**}	0,0035 ^{ns}	3,0691 [*]	6,1360 ^{**}	128,791 ^{**}	6,0140 [*]	50,9630 ^{**}	3,3524 ^{**}
Int. B x A	4	0,0306 ^{ns}	0,7421 ^{ns}	0,7232 ^{ns}	0,0153 ^{ns}	0,4414 ^{ns}	0,1412 ^{ns}	6,90664 ^{ns}	1,3240 ^{ns}	0,7423 ^{ns}	0,0599 ^{ns}
Blocos	3	0,1583 ^{**}	2,9695 [*]	1,7371 ^{ns}	0,04060 [*]	0,3830 ^{ns}	0,0824 ^{ns}	7,5710 ^{ns}	1,0526 ^{ns}	4,0555 ^{ns}	0,3343 ^{**}
Erro	27	0,03193	0,66985	3,0223	0,01296	0,46904	0,13162	4,64032	1,21209	2,60063	0,03060
CV (%)		3,5	17,2	19,8	11,0	17,9	19,2	15,2	21,3	35,8	18,7

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Houve um aumento linear e significativo do H + Al em função da aplicação do bagaço, independentemente da adubação mineral (FIGURA 8). O incremento de H + Al gerado com a aplicação do resíduo, foi de $0,6 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$, a cada 3,3 toneladas de subproduto da indústria processadora de caju aplicado ao solo. NATALE *et al.*, (2010), trabalharam em condições controladas e constatou incremento de H + Al gerado com a aplicação do resíduo, na presença dos fertilizantes minerais, de $2,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e, na ausência do insumo, de $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, à cada 9 toneladas de subproduto da indústria processadora de goiabas aplicado ao solo. TORRES (2008) estudou a incubação do resíduo da indústria processadora de goiabas em um Argissolo e verificou também um incremento nas concentrações de H + Al, após 180 dias de incubação.

Figura 8 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a concentração de H + Al (profundidade de 0-20 cm), em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar a ausência da diminuição do pH do solo nesse experimento em função da aplicação do bagaço de caju, ao contrário dos resultados obtidos em casa de vegetação por Corrêa *et al.* (2005), que trabalharam com resíduo de goiaba e constataram redução no valor do pH do solo em função do aumento das doses do material empregado.

Como pode ser observado na Tabela 13 o pH e o H + Al responderam significativamente a presença da adubação mineral. O valor de pH na presença da adubação foi novamente inferior, assim como nas demais coletas de solos supracitadas. Em concomitância com a diminuição do pH o H + Al apresentou maior valor na presença da adubação. Os valores de pH quantificados nessa amostragem continuaram baixos, não se enquadrando dentro do intervalo satisfatório. Para fins práticos, considera-se, na literatura

internacional, que a faixa de pH entre 6,0 e 6,5 é a mais adequada para a maioria das culturas. Entretanto, no Brasil, em geral, considera-se que a faixa ideal para a maioria das culturas está entre 5,7 e 6,0 (SOUSA *et al.*, 2007).

Tabela 13 - Efeito da aplicação do adubo sobre o pH, P, Ca, Mg, H + Al, Fe, Mn e Zn em um Argissolo Acinzentado na profundidade de 0-20 cm, em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	pH	P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Fe	Mn	Zn
		mg kg ⁻¹	-----	mmolc kg ⁻¹	-----	-----	mg kg ⁻¹	-----
Ausente	5,4A	3,8B	3,5B	2,3A	12,3B	4,8B	5,6A	0,6B
Presente	4,9B	13,7A	4,1A	1,5B	16,0A	5,6A	3,4B	1,2A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As plantas frutíferas, assim como todas as perenes, permanecem longos períodos explorando praticamente o mesmo volume de solo, razão pela qual o ambiente radicular, em especial com respeito à acidez, característica comum nos solos tropicais, merece a máxima atenção. O uso de fertilizantes é uma das práticas de maior efeito na produção das fruteiras, porém, quando o solo apresenta condições adversas como reação ácida, a eficiência de aproveitamento é baixa e parte do investimento em adubação não tem o retorno esperado.

A adubação mineral influenciou significativamente aumentando os teores de P, Ca, Fe e Zn no solo, resposta essa, já observada nas amostragens de solo anteriores. No entanto, as quantidades de Mg e Mn foram menores na presença da adubação mineral (TABELA 13). As possíveis causas para explicar a menor quantidade de Mg e Mn no solo na presença da adubação mineral já foram relatadas anteriormente.

Como pode ser observado ao longo das cinco coletas de solo, de um modo geral a adubação química propiciou incrementos nas quantidades de P, Fe e Zn no solo, o que é importante, tendo em vista que, a aplicação de fertilizantes em plantas frutíferas é praticamente uma imposição para a produção, visto as grandes quantidades de elementos que são imobilizados pela parte vegetativa ou exportados a cada safra.

A aplicação de fertilizantes em árvores frutíferas adultas deve considerar a quantidade de nutrientes necessários anualmente para o desenvolvimento vegetativo e a exportada pelas colheitas, além daquela perdida para o ambiente (fixação, lixiviação, volatilização, etc.). Deve-se considerar ainda, a dificuldade em se aliar a produtividade à qualidade do produto colhido, visto que o aspecto nutricional pode afetar características importantes do fruto como cor, sabor, tamanho, dentre outras (MALAVOLTA, 1994).

4.2 Efeitos na Planta

Não houve efeito do adubo nem tão pouco da interação sobre os teores foliares dos nutrientes avaliados. Apenas para o efeito do bagaço observou-se diferenças significativas nos teores de N (TABELA 14). É importante destacar que os coeficientes de variação determinados nas análises foliares, em todas as amostragens, são considerados baixos para a quase totalidade dos nutrientes avaliados, tendo em vista ser este um experimento de campo.

Na comparação com os teores considerados adequados pela literatura para o cajueiro (KERNOT, 1998), pode-se citar que o P, K, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn apresentaram concentração abaixo da faixa adequada. Apenas o Ca está dentro da faixa considerada adequada, e o N encontra-se um pouco acima do indicado para essa frutífera.

Tabela 14 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, em pomar de cajueiro em produção, 5 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

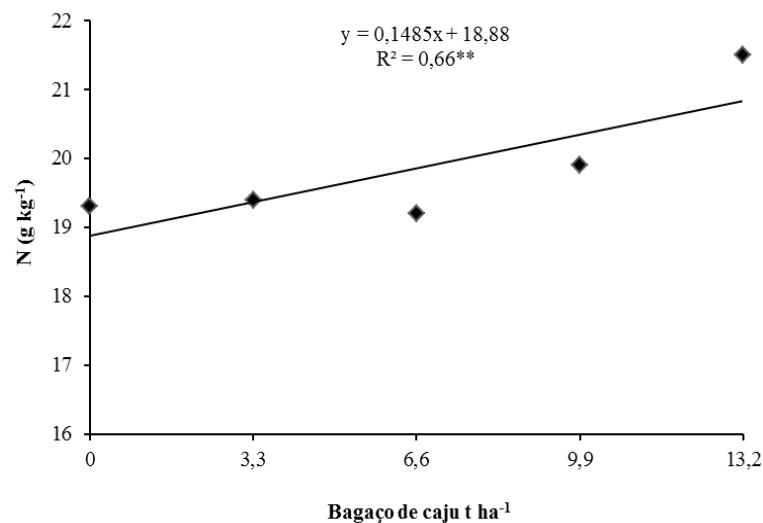
Bagaço de caju	Adubo	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
t ha ⁻¹		g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
0	Sem adubo mineral	19,3	0,82	6,0	4,6	1,8	0,9	5,1	67,3	96,4	16,7	
3,3		19,2	0,92	6,1	3,6	1,6	0,9	4,1	64,0	74,0	17,9	
6,6		19,1	0,82	6,3	4,0	1,6	0,9	3,1	59,5	84,8	16,7	
9,9		19,9	0,88	6,5	3,2	1,5	0,9	3,9	57,1	84,7	17,3	
13,2		20,9	0,84	7,0	3,8	1,6	0,8	4,2	60,0	72,1	16,3	
0	Com adubo mineral	19,3	0,85	6,0	3,6	1,7	0,8	3,7	63,0	93,0	15,2	
3,3		19,6	0,86	6,0	4,1	1,9	1,0	3,3	65,7	96,2	16,8	
6,6		19,3	0,83	6,8	3,5	1,5	1,1	2,8	58,3	81,6	15,0	
9,9		19,9	0,86	6,3	4,1	1,6	0,9	3,7	66,9	97,6	16,7	
13,2		22,0	0,85	6,2	4,0	1,8	1,0	3,7	66,0	83,8	16,5	
F.V	G.L.	Q.M.										
Bagaço (B)	4	6,8083**	0,00574 ^{ns}	0,60833 ^{ns}	0,19230 ^{ns}	0,06723 ^{ns}	0,02039 ^{ns}	2,36678 ^{ns}	50,827 ^{ns}	349,195 ^{ns}	3,43651 ^{ns}	
Adubo (A)	1	1,1686 ^{ns}	0,00014 ^{ns}	0,15500 ^{ns}	0,00020 ^{ns}	0,10000 ^{ns}	0,08302 ^{ns}	4,09600 ^{ns}	57,121 ^{ns}	643,364 ^{ns}	8,98704 ^{ns}	
Int. B x A	4	0,5056 ^{ns}	0,00262 ^{ns}	0,42692 ^{ns}	1,22859 ^{ns}	0,05719 ^{ns}	0,02623 ^{ns}	0,47644 ^{ns}	62,824 ^{ns}	245,840 ^{ns}	1,26227 ^{ns}	
Blocos	3	1,8491 ^{ns}	0,02158**	0,49970 ^{ns}	1,07128 ^{ns}	0,00194*	0,02705 ^{ns}	3,28358 ^{ns}	114,585 ^{ns}	2418,169 ^{ns}	2,10389 ^{ns}	
Erro	27	1,25504	0,00358	0,25115	0,69684	0,05503	0,02420	1,23741	72,407	1104,477	2,95356	
CV (%)		5,6	7,0	8,0	21,7	14,1	17,1	29,5	13,6	38,5	10,4	

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Houve aumento do teor foliar de N conforme aumento das doses do bagaço (FIGURA 9). O N é um elemento indispensável na composição de inúmeros compostos orgânicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas ou não. No tocante ao cajueiro, aumentos expressivos na produção de castanha pelo incremento de N aplicado foram relatados por Ghosh; Bose (1986) e Reddy *et al.* (1981). Posteriormente, Ghosh, (1990) constatou que o aumento da dose de N influencia significativamente a duração do período de floração, o número e peso das castanhas. Quanto a produção de castanha, Crisóstomo *et al.* (2004) relataram aumento no rendimento com o acréscimo na dose de N aplicado. Resposta similar foi observada no presente trabalho.

Figura 9 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de N, em pomar de cajueiro em produção, 5 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na segunda amostragem de folhas, verificou-se que os efeitos do bagaço de caju e adubo foram significativos para as concentrações de P e Zn. Contudo, o efeito de adubo promoveu diferenças significativas também para o Ca (TABELA 15).

Tabela 15 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

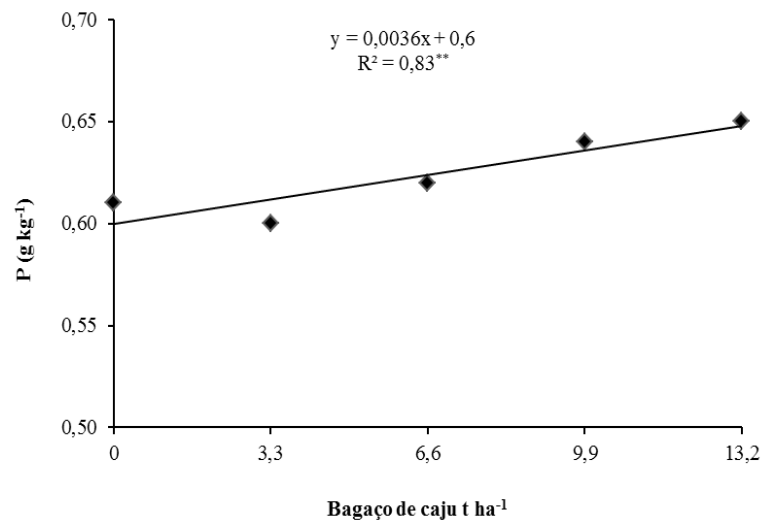
Bagaço de caju	Adubo	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Cu	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹		-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----				
0	Sem adubo mineral	16,8	0,59	5,3	2,7	1,4	1,1	3,3	55,7	59,2	14,2
3,3		16,6	0,59	5,6	2,5	1,2	1,2	3,7	62,9	62,9	14,6
6,6		18,4	0,61	5,4	2,5	1,2	1,1	3,1	51,9	58,9	14,9
9,9		18,0	0,63	5,7	2,5	1,3	0,9	3,3	59,4	61,2	17,0
13,2		18,0	0,64	6,1	3,0	1,5	1,1	4,0	57,6	59,6	17,5
0	Com adubo mineral	18,4	0,63	5,2	2,4	1,4	1,1	3,4	54,9	45,1	12,3
3,3		18,4	0,61	4,8	2,2	1,3	1,1	2,7	59,0	64,1	14,3
6,6		16,8	0,63	5,6	2,6	1,3	1,1	2,8	55,5	63,3	15,1
9,9		19,8	0,65	5,4	2,3	1,2	1,1	2,6	64,2	65,7	16,1
13,2		18,4	0,66	5,3	2,2	1,3	1,1	3,5	54,0	54,8	16,2
F.V	G.L.	-----Q.M.-----									
Bagaço (B)	4	2,77866 ^{ns}	0,00389 ^{**}	0,35571 ^{ns}	0,09593 ^{ns}	0,03118 ^{ns}	0,03031 ^{ns}	0,81778 ^{ns}	103,907 ^{ns}	185,562 ^{ns}	17,72441 ^{**}
Adubo (A)	1	6,76506 ^{ns}	0,00591 [*]	1,32132 ^{ns}	0,89401 [*]	0,02601 ^{ns}	0,00335 ^{ns}	2,26100 ^{ns}	0,02500 ^{ns}	30,32822 ^{ns}	6,54481 [*]
Int. B x A	4	4,39959 ^{ns}	0,00019 ^{ns}	0,39467 ^{ns}	0,21003 ^{ns}	0,03103 ^{ns}	0,03420 ^{ns}	0,38475 ^{ns}	31,70250 ^{ns}	123,337 ^{ns}	1,49467 ^{ns}
Blocos	3	4,52073 ^{ns}	0,00347 [*]	0,27188 ^{ns}	0,29505 ^{ns}	0,00899 ^{ns}	0,01408 ^{ns}	3,42274 [*]	165,018 ^{ns}	105,314 ^{ns}	1,61710 ^{ns}
Erro	27	4,11628	0,00083	0,34020	0,15822	0,03033	0,02789	0,76244	47,84007	216,063	1,04846
CV (%)		11,3	4,6	10,7	16,0	13,4	15,3	27,0	12,0	24,7	6,7

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O estudo de regressão da variável P apresentado na Figura 10 deixa claro o aumento linear no teor foliar em resposta ao aumento das doses do bagaço de caju. Há evidências de que insumos orgânicos promovam a solubilização dos fosfatos e favoreçam maior disponibilidade do macronutriente as plantas, como concluíram Andrade *et al.* (2003). De acordo com Crisóstomo (2013) o P é absorvido do meio de crescimento (solução do solo ou solução nutritiva) pela maioria das plantas, inclusive o cajueiro, em quantidades inferiores às de N e K. Para Fredeen *et al.* (1989), o P exerce papel de relevante importância no metabolismo das plantas como respiração e fotossíntese.

Figura 10 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de P, em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.

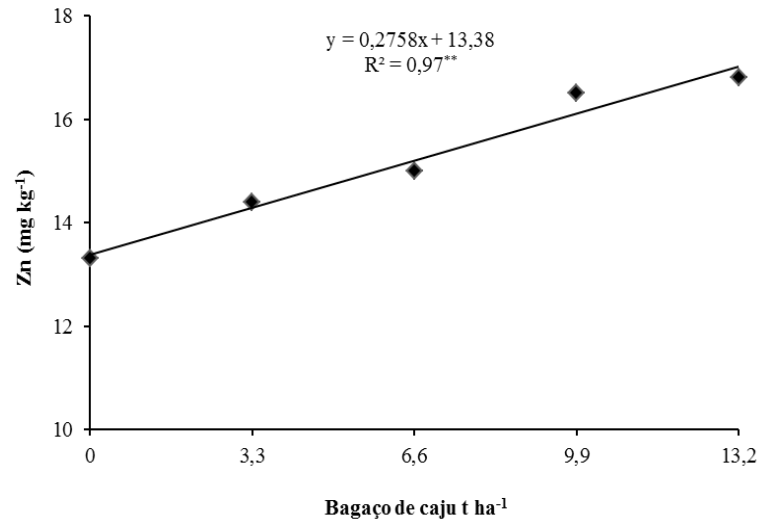


Fonte: Elaborado pelo autor.

O Zn aumentou linearmente sua concentração foliar em resposta às doses crescentes do bagaço. O aumento é relevante, especialmente por se tratar de um micronutriente, visto que houve uma diferença entre a dose 0 e a dose de 13,2 t ha⁻¹ de 3,5 mg kg⁻¹ (FIGURA 11). Contudo, mesmo com esse aumento, a concentração de Zn ainda permaneceu abaixo da faixa considerada adequada (KERNOT, 1998). Os micronutrientes exercem funções diversas no metabolismo vegetal, como a ativação enzimática (AQUINO, 2008). Para esse autor o Zn além de fazer parte da constituição de diversas enzimas, ativa outras, como a sintetase do triptofano, envolvida na síntese da clorofila. Além disso, faz parte das reações de transformação dos carboidratos.

Segundo Kiehl (1985) a faculdade do húmus quelatizar micronutrientes por tempo apreciável, liberando-os gradativamente, é um dos mais importantes benefícios proporcionados pela matéria orgânica presente no solo.

Figura 11 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de Zn, em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. * - significativo a 5%; ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os teores médios de P e Zn nas plantas, tanto na ausência como na presença da adubação mineral, foram abaixo do sugerido por Kernot (1998) (TABELA 16). O mesmo autor determinou intervalos nos teores foliares de 1,2 a 1,4 g kg⁻¹ para P e para Zn valores maiores que 20 mg kg⁻¹, como sendo ideais para o cajueiro. Para o Ca observou-se que na ausência da adubação mineral o teor médio foliar foi adequado para a cultura do cajueiro, mas na presença o teor médio encontrado encontra-se ligeiramente abaixo do ideal (HAAG *et al.* 1975). Vale ressaltar que não foi realizada adubações químicas para Ca e Mg.

Tabela 16 - Efeito da aplicação do adubo sobre os teores foliares de P, Ca e Zn em pomar de cajueiro em produção, 17 meses após a aplicação do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	P	Ca	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----		mg kg ⁻¹
Ausente	0,61B	2,6A	15,6A
Presente	0,64A	2,3B	14,8B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A terceira amostragem de folhas foi realizada 29 meses após a aplicação do bagaço e os efeitos do bagaço e do adubo promoveram diferenças significativas somente na concentração de N na folha (TABELA 17). Não foi observado efeito da interação para nenhum dos atributos analisados. Os teores de N como nas amostragens anteriores encontram-se na faixa adequada sugerido por Kernot (1998).

Tabela 17 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, em pomar de cajueiro em produção, 29 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

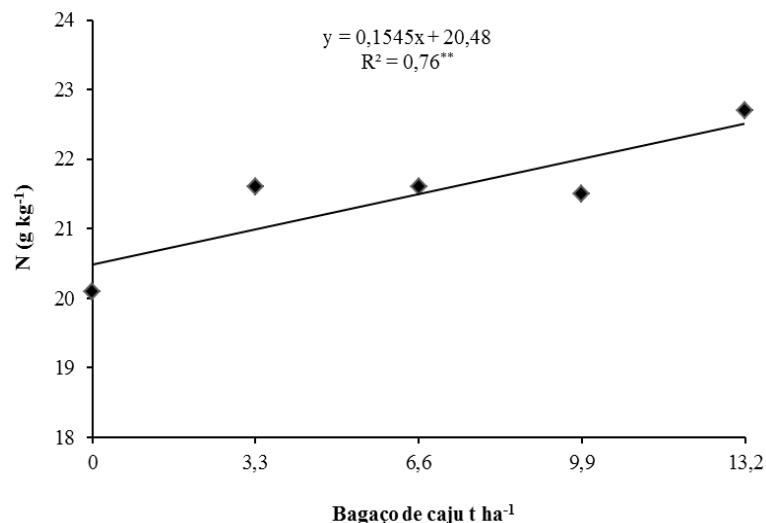
Bagaço de caju	Adubo	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Cu	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹		-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----				
0	Sem adubo mineral	19,1	0,21	5,9	1,4	1,9	1,5	4,6	57,5	56,5	21,7
3,3		20,1	0,18	6,0	2,1	2,0	1,4	4,2	89,4	72,6	21,4
6,6		20,8	0,20	5,8	1,9	2,3	1,5	4,5	71,6	51,9	23,2
9,9		21,6	0,18	5,8	1,7	1,9	1,5	3,2	53,2	71,5	21,0
13,2		22,3	0,17	6,2	1,9	1,9	1,5	3,9	65,0	73,9	20,6
0	Com adubo mineral	21,0	0,19	6,0	1,9	1,9	1,4	4,3	62,4	68,9	23,3
3,3		23,2	0,17	5,3	1,9	1,8	1,5	4,5	64,4	68,7	22,7
6,6		22,3	0,18	6,2	1,8	1,7	1,6	3,2	67,0	77,6	20,9
9,9		21,4	0,19	5,6	1,7	1,7	1,4	4,4	55,6	73,4	21,1
13,2		23,2	0,19	6,2	1,9	2,2	1,5	4,3	62,3	82,9	22,4
F.V	G.L.	-----Q.M.-----									
Bagaço (B)	4	7,07603 ^{**}	0,00062 ^{ns}	0,35752 ^{ns}	0,12349 ^{ns}	0,06543 ^{ns}	0,01086 ^{ns}	0,69855 ^{ns}	597,942 ^{ns}	315,747 ^{ns}	2,74233 ^{ns}
Adubo (A)	1	20,23506 ^{**}	0,00020 ^{ns}	0,06642 ^{ns}	0,02304 ^{ns}	0,17956 ^{ns}	0,00657 ^{ns}	0,02862 ^{ns}	249,500 ^{ns}	810,180 ^{ns}	2,37656 ^{ns}
Int. B x A	4	3,01241 ^{ns}	0,00075 ^{ns}	0,28758 ^{ns}	0,13767 ^{ns}	0,21297 ^{ns}	0,00992 ^{ns}	1,68032 ^{ns}	278,441 ^{ns}	253,135 ^{ns}	5,80835 ^{ns}
Blocos	3	2,86856 ^{ns}	0,00072 ^{ns}	0,87454 ^{ns}	1,83303 ^{**}	0,79625 ^{**}	0,05127 [*]	1,89492 ^{ns}	4095,284 ^{**}	44,085 ^{ns}	3,32171 ^{ns}
Erro	27	1,49639	0,00124	0,33589	0,24720	0,13005	0,01422	1,28511	662,283	193,803	3,98126
CV (%)		5,7	18,9	9,8	27,3	18,7	8,1	27,6	39,7	19,9	9,1

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os teores de N nas folhas foram afetados de forma positiva pelas doses do subproduto (FIGURA 12). Tal efeito também foi encontrado na análise foliar realizado aos 5 meses como mostrado anteriormente, evidenciando que o N existente no subproduto deve ter sido mineralizado, disponibilizado e absorvido pelas plantas.

Figura 12 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores foliares de N, em pomar de cajueiro em produção, 29 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Resultado semelhante foi encontrado por Souza (2009) quando aplicou o subproduto da indústria processadora de goiaba na própria cultura em condições de campo. Esse autor observou comportamento linear do N foliar em resposta às doses do resíduo e concluiu que os teores de N encontraram-se na faixa adequada com a aplicação de doses superiores a 18 t ha⁻¹ do subproduto.

Braga *et al.* (2008) estudou o bagaço de caju como adubo orgânico em casa de vegetação na cultura do milho e verificou que não houve efeito significativo referente ao acúmulo de N foliar, na presença de adubo mineral. Por outro lado, as plantas que não receberam adubação mineral, o uso exclusivo de bagaço de caju, em doses crescentes, causou um incremento na quantidade de N acumulado até atingir valor máximo na dose aproximada de 38 t ha⁻¹.

A adubação afetou significativamente os teores foliares de N (TABELA 18). Segundo Oliveira (1995), o nitrogênio é um componente que faz parte de aminoácidos, nucleotídeos, ácidos nucleicos e um grande número de coenzimas, auxinas e citocininas podendo induzir o alongamento e desenvolvimento celular e, assim, aumentar a produção de castanha. O

nitrogênio também auxilia na síntese de carboidratos, proteínas e outros metabólitos, resultando no aumento da produção.

Tabela 18 - Efeito da aplicação do adubo sobre os teores foliares de N em pomar de cajueiro em produção, 29 meses após a aplicação do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	N
	g kg ⁻¹
Ausente	20,8B
Presente	22,2A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os efeitos do N, P e K sobre o crescimento da planta, peso e número de castanhas e percentagem de despelculagem no cajueiro foram estudados por Ghosh (1990) na Índia, por três anos consecutivos, numa região semiárida. Esse autor verificou que a aplicação de nitrogênio aumentou 91,6% a produção de castanha em relação ao tratamento testemunha.

4.2 Efeitos no fruto

Não houve efeito significativo para as variáveis analisadas em resposta aos tratamentos aplicados (TABELAS 19 e 20). Tal fato pode ser justificado por se tratar de um experimento de campo, cuja liberação dos nutrientes é lenta (MANTOVANI *et al.*, 2004) e os efeitos aparecem de forma progressiva. Outro ponto a ser considerado é que o cajueiro é uma frutífera perene, com expressiva reserva de nutrientes, os quais podem ser alocados quando necessário, como no período de florescimento, em que a demanda por elementos é mais intensa. Neste sentido, pode haver inibição dos efeitos de tratamentos num curto prazo.

Ao comparar os teores encontrados nesse estudo de N, P, K, Ca, Mg e S no fruto, aos encontrados por Fragoso *et al.* (1999) e Kernot (1998), percebe-se que os resultados, de modo geral, foram superiores, com exceção para o P.

Diferentemente das duas amostragens anteriores, a terceira amostragem de fruto apresentou resultados significativos para o Ca em resposta a aplicação do resíduo. Mais uma vez o efeito da interação (resíduo x adubo) não foi significativo (TABELA 21).

Tabela 19 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores de macro e micronutrientes, no fruto 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Bagaço de caju	Adubo	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Cu	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
0	Sem adubo mineral	16,2	0,31	10,7	0,48	1,1	0,46	7,4	39,9	12,3	38,6
3,3		16,4	0,28	11,3	0,50	1,2	0,44	8,1	35,2	7,4	37,8
6,6		16,4	0,29	11,4	0,49	1,2	0,39	7,0	39,4	11,2	29,6
9,9		17,5	0,30	10,2	0,50	1,2	0,44	8,8	42,4	8,9	32,2
13,2		17,4	0,28	10,3	0,47	1,2	0,50	8,3	43,2	6,5	32,0
0	Com adubo mineral	15,7	0,30	10,3	0,43	1,2	0,44	8,8	45,8	6,4	36,4
3,3		15,9	0,30	10,1	0,43	1,1	0,46	8,6	45,5	10,6	40,1
6,6		15,9	0,30	11,3	0,45	1,2	0,46	8,4	38,3	9,7	43,2
9,9		16,0	0,30	10,7	0,54	1,4	0,44	7,0	50,4	9,3	36,2
13,2		18,0	0,29	10,8	0,53	1,2	0,44	6,7	32,9	10,4	30,1
F.V	G.L.	Q.M.									
Bagaço (B)	4	3,98736 ^{ns}	0,00052 ^{ns}	1,19296 ^{ns}	0,00559 ^{ns}	0,02135 ^{ns}	0,00201 ^{ns}	0,86863 ^{ns}	91,90225 ^{ns}	4,30902 ^{ns}	77,57383 ^{ns}
Adubo (A)	1	2,08316 ^{ns}	0,00023 ^{ns}	0,10404 ^{ns}	0,00100 ^{ns}	0,03721 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	65,79225 ^{ns}	0,02500 ^{ns}	99,66649 ^{ns}
Int. B x A	4	1,09057 ^{ns}	0,00021 ^{ns}	0,95764 ^{ns}	0,00659 ^{ns}	0,03668 ^{ns}	0,00462 ^{ns}	5,05535 ^{ns}	140,081 ^{ns}	31,24421 ^{ns}	82,49623 ^{ns}
Blocos	3	2,65336 ^{ns}	0,00239 ^{ns}	0,16495 ^{ns}	0,30387 ^{**}	0,14914 [*]	0,07951 [*]	2,07888 ^{ns}	511,602 ^{**}	0,89896 ^{ns}	299,406 ^{ns}
Erro	27	2,91730	0,00135	0,71490	0,01694	0,04308	0,02565	2,32694	89,520	16,99359	132,084
CV (%)		10,3	12,5	7,9	26,9	17,3	36,0	19,3	22,9	44,5	32,3

ns - não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 20 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores de macro e micronutrientes, no fruto 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Bagaço de caju	Adubo	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Cu	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
0	Sem adubo mineral	13,4	0,29	11,2	0,33	1,1	0,18	6,9	28,9	5,1	22,0
3,3		12,9	0,30	10,1	0,38	1,0	0,20	5,9	30,4	10,4	26,1
6,6		13,3	0,28	11,2	0,35	1,1	0,20	5,8	33,0	10,1	27,3
9,9		12,7	0,28	9,5	0,31	0,9	0,21	4,9	44,6	5,4	19,7
13,2		12,6	0,27	10,9	0,35	1,1	0,16	6,3	29,3	7,0	18,0
0	Com adubo mineral	12,8	0,28	11,2	0,31	1,0	0,20	6,2	26,8	5,8	21,3
3,3		12,2	0,27	9,8	0,43	1,0	0,14	5,0	27,3	7,3	21,4
6,6		12,5	0,28	11,7	0,36	1,2	0,31	6,0	27,8	5,5	23,4
9,9		12,9	0,29	10,2	0,29	0,9	0,18	5,5	27,5	5,4	22,1
13,2		12,8	0,27	10,4	0,37	0,9	0,25	4,5	25,9	6,9	20,2
F.V	G.L.	Q.M.									
Bagaço (B)	4	0,40509 ^{ns}	0,00033 ^{ns}	3,91797 ^{ns}	0,01373 ^{ns}	0,05200 ^{ns}	0,00828 ^{ns}	2,17190 ^{ns}	96,77850 ^{ns}	17,72641 ^{ns}	47,63874 ^{ns}
Adubo (A)	1	1,08900 ^{ns}	0,00022 ^{ns}	0,03782 ^{ns}	0,00121 ^{ns}	0,02916 ^{ns}	0,00631 ^{ns}	2,85530 ^{ns}	381,924 ^{ns}	20,10724 ^{ns}	8,85481 ^{ns}
Int. B x A	4	0,51353 ^{ns}	0,00042 ^{ns}	0,47002 ^{ns}	0,00167 ^{ns}	0,02638 ^{ns}	0,00986 ^{ns}	1,99906 ^{ns}	76,75650 ^{ns}	10,61275 ^{ns}	22,45007 ^{ns}
Blocos	3	0,97000 ^{ns}	0,00126 ^{ns}	1,94231 ^{ns}	0,02290 ^{ns}	0,04287 ^{ns}	0,00490 ^{ns}	5,26308 ^{ns}	60,92200 ^{ns}	4,07814 ^{ns}	27,35362 ^{ns}
Erro	27	0,95343	0,00074	2,45225	0,01267	0,03781	0,00624	1,05299	148,26422	10,36891	44,48822
CV (%)		7,6	9,6	14,8	32,5	19,0	38,9	18,0	40,4	46,7	30,1

ns - não significativo, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 21 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre os teores de macro e micronutrientes, no fruto 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

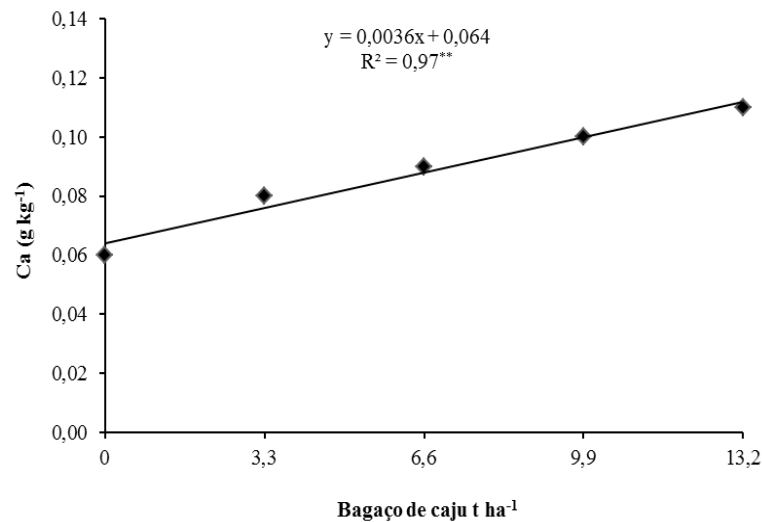
Bagaço de caju	Adubo	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Cu	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹		-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----				
0	Sem adubo mineral	10,1	0,22	9,8	0,06	0,63	0,15	4,0	46,2	17,4	21,6
3,3		10,0	0,21	8,1	0,08	0,51	0,15	4,8	39,7	9,5	23,1
6,6		10,6	0,21	9,2	0,09	0,67	0,14	4,5	42,1	12,7	19,1
9,9		11,1	0,22	9,4	0,11	0,60	0,14	4,7	32,1	9,6	15,0
13,2		10,6	0,22	9,0	0,09	0,71	0,19	5,3	35,3	10,0	21,6
0	Com adubo mineral	10,0	0,21	9,3	0,07	0,62	0,12	3,1	32,7	9,7	20,5
3,3		10,0	0,20	8,3	0,08	0,56	0,12	3,2	60,7	8,3	14,6
6,6		10,4	0,20	9,1	0,09	0,55	0,12	3,3	48,9	12,7	15,7
9,9		10,5	0,22	8,1	0,10	0,58	0,16	4,2	27,2	15,8	15,4
13,2		11,6	0,22	8,2	0,10	0,59	0,16	4,6	41,3	9,1	20,2
F.V	G.L.	-----Q.M.-----									
Bagaço (B)	4	1,75672 ^{ns}	0,00046 ^{ns}	2,14216 ^{ns}	0,00190 ^{**}	0,01455 ^{ns}	0,00251 ^{ns}	2,36520 ^{ns}	488,341 ^{ns}	35,53138 ^{ns}	48,90378 ^{ns}
Adubo (A)	1	0,01056 ^{ns}	0,00054 ^{ns}	2,12521 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,01980 ^{ns}	0,00269 ^{ns}	10,20100 ^{ns}	94,341 ^{ns}	6,03729 ^{ns}	79,41124 ^{ns}
Int. B x A	4	0,71260 ^{ns}	0,00012 ^{ns}	0,63528 ^{ns}	0,00023 ^{ns}	0,01157 ^{ns}	0,00093 ^{ns}	0,33629 ^{ns}	341,275 ^{ns}	47,17379 ^{ns}	24,03035 ^{ns}
Blocos	3	3,56839 ^{ns}	0,00841 ^{**}	14,27438 ^{**}	0,00062 ^{ns}	0,14900 ^{**}	0,01253 ^{**}	7,88289 ^{**}	447,466 ^{ns}	58,18973 ^{**}	293,665 ^{**}
Erro	27	1,42992	0,00066	2,50893	0,00031	0,01803	0,00143	1,26344	247,763	19,38598	40,51814
CV (%)		11,4	12,1	17,9	20,2	22,3	26,1	26,9	38,8	38,3	34,1

ns - não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Houve efeito linear crescente significativo para o Ca em consequência do aumento das doses de bagaço de caju (FIGURA 13). Fragoso *et al.* (1999) estudaram a exportação de macronutrientes pela castanha e pseudofruto de dois clones de cajueiro anão-precoce, entre eles o CCP-76, e encontraram para o Ca o teor de $0,10 \text{ g kg}^{-1}$ estando em concordância com valor encontrado nesse estudo. Merece destaque o aumento no teor de Ca de $0,06 \text{ g kg}^{-1}$ na dose 0 do bagaço para $0,11 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de $13,2 \text{ t ha}^{-1}$, visto que segundo Mengel; Kirkby (2000) esse macronutriente desempenha função bioquímica importante e favorece numerosos processos metabólicos ligado diretamente a qualidade dos frutos. Em frutíferas afeta a qualidade do produto final e sua capacidade de armazenamento depois da colheita. Dessa forma é muito importante para o caju, tendo em vista sua alta perecibilidade. Para Pratella (2003) existe relação direta entre o conteúdo de Ca nos frutos e o amolecimento, firmeza e tempo de vida útil de prateleira, pois quando o conteúdo de Ca fruto é baixo, o metabolismo respiratório aumenta e acelera a maturação e senescência.

Figura 13 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os teores de Ca nos frutos, em pomar de cajueiro em produção, 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Efeitos na produção e pós - colheita

Na ocasião da primeira colheita realizada aos seis meses após a aplicação do bagaço, verificou-se efeito significativo da interação resíduo x adubo para a variável massa do pedúnculo (TABELA 22). No desdobramento do fator resíduo para essa variável só foi verificado diferença significativa na ausência da adubação mineral.

Tabela 22 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre a produtividade e qualidades físico – químicas dos frutos colhidos 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

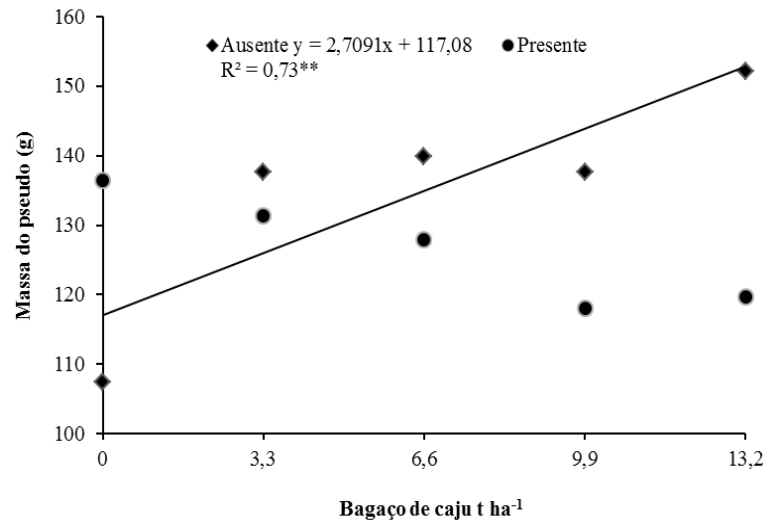
Bagaco de caju	Adubo	Massa Castanha	Massa Pseudo	C.L.	C.T.B.	C.T.P.	Firmeza	Acidez	S.S.T.	Produtividade de castanhas
t ha ⁻¹		g		mm			N	%	°Brix	Kg ha ⁻¹
0	Sem adubo mineral	8,7	107,4	66,2	56,7	47,7	13,9	0,21	11,1	764,4
3,3		10,0	137,7	71,9	61,1	53,3	13,6	0,23	11,9	769,6
6,6		9,9	139,9	65,4	58,5	49,7	14,1	0,23	11,9	566,8
9,9		8,9	137,7	72,1	59,0	47,4	11,7	0,22	11,7	722,8
13,2		10,5	152,1	72,1	63,4	52,9	13,0	0,21	11,4	572,0
0	Com adubo mineral	10,1	136,4	70,2	61,1	50,5	13,6	0,24	11,2	613,6
3,3		10,2	131,4	69,5	61,8	49,1	13,6	0,24	12,2	483,6
6,6		10,2	127,9	71,2	59,2	50,1	14,4	0,27	11,7	629,2
9,9		9,8	118,0	66,4	60,8	50,8	14,9	0,25	11,2	691,6
13,2		9,9	119,7	68,2	57,5	47,7	14,8	0,22	10,8	800,8
F.V.	G.L.	Q.M.								
Bagaco (B)	4	1,30011 ^{ns}	276,559 ^{ns}	9,80837 ^{ns}	9,71040 ^{ns}	5,94650 ^{ns}	1,02961 ^{ns}	0,00109 ^{ns}	1,20740 ^{ns}	6,58495 ^{ns}
Adubo (A)	1	1,78471 ^{ns}	682,118 ^{ns}	1,88428 ^{ns}	1,09561 ^{ns}	3,29093 ^{ns}	9,63891 ^{ns}	0,00404 ^{ns}	0,38220 ^{ns}	5,01972 ^{ns}
Int. B x A	4	1,16230 ^{ns}	1057,237 ^{**}	51,5317 ^{ns}	29,0125 ^{ns}	31,3587 ^{ns}	4,46220 ^{ns}	0,00025 ^{ns}	0,32611 ^{ns}	28,48188 ^{ns}
Blocos	3	0,10642 ^{ns}	365,1367 ^{ns}	34,1895 ^{ns}	2,95278 ^{ns}	2,02466 ^{ns}	6,15475 ^{ns}	0,01062 ^{**}	0,33830 ^{ns}	20,48335 ^{ns}
Erro	27	0,61923	206,3525	31,04238	16,4666	12,11348	3,10306	0,00197	2,01210	16,29315
CV (%)		8,0	11,0	8,0	6,8	7,0	12,8	19,2	12,3	31,7

ns - não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a massa do pedúnculo, a regressão linear crescente em resposta a adição do bagaço na ausência da adubação mineral foi altamente significativa (FIGURA 14). Os valores obtidos ficaram entre 107,4 e 152,1 g para as doses de 0 e 13,2 t ha⁻¹ do bagaço respectivamente. A massa do pedúnculo obtida com a aplicação de 13,2 t ha⁻¹ está acima dos valores encontrados na literatura. No trabalho realizado por Pinto *et al.* (1997) foi encontrado para o clone CCP 76 a massa de 136,6 g, sendo esse ligeiramente menor do que o encontrado para o mesmo clone por Moura (1998) que foi de 141,8 g. A maior massa encontrada por esse autor pode ter sido devido à irrigação contínua, contribuindo para a diferença a favor das plantas irrigadas. Ficou evidente o incremento da massa do pedúnculo em detrimento ao aumento das doses do bagaço, tendo em vista que em cada ciclo de crescimento, os nutrientes são removidos do solo para suprir as partes vegetativas das plantas (folhas, ramos, caule e raízes) e para exportação quando da colheita dos frutos e pseudofrutos. O crescimento das plantas e colheitas satisfatórias somente serão possíveis, no mínimo, pela reposição dos nutrientes exportados pelas partes colhidas. O cajueiro, quando na produção de 1.000 kg de castanha e 10.000 kg de pedúnculo fresco exporta cerca de 15,4 kg de K (FRAGOSO, 1996). Reddy *et al.* (1981); Ghosh; Bose (1986) relataram aumentos expressivos na produção de pedúnculo pelo incremento do nitrogênio aplicado. Ghosh (1989) constatou que o aumento na dose de nitrogênio aplicado influenciou, significativamente, a duração do período de floração, o número e a massa das castanhas. Esse aumento na massa do fruto em resposta ao aumento das doses do bagaço pode ter sido carregado pela maior quantidade de N na planta como visto anteriormente na Figura 11, evidenciando o efeito benéfico desse nutriente como relatado por esses autores.

Figura 14 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a massa do pseudofruto, em pomar de cajueiro em produção, 6 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores médios para a massa do pedúnculo encontrados nesse trabalho em resposta a adição do resíduo são preferíveis comercialmente, tanto para consumo de mesa quanto para a indústria, devido, primeiramente, ao aspecto visual e a um maior rendimento que os mesmos podem apresentar na obtenção de produtos derivados, como sucos e polpas.

O efeito também foi significativo quando o fator adubação química (ausência e presença) foi desdobrado dentro de cada dose do bagaço (TABELA 23). Observou-se que na dosagem 0 do bagaço, a massa média do pedúnculo foi maior na presença da adubação química. Já na dosagem de 13,2 t ha⁻¹ do bagaço a massa do pedúnculo foi menor na presença da adubação mineral. Os demais não apresentaram diferença significativa.

Tabela 23 - Efeito da aplicação do adubo sobre a massa do pseudofruto, dentro de cada dose de resíduo em pomar de cajueiro em produção, colhidos 6 meses após a aplicação do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Resíduo t ha ⁻¹	Adubação mineral	
	Ausência ----- g -----	Presença
0	107,4B	136,4A
3,3	137,7A	131,4A
6,6	139,9A	127,9A
9,9	137,7A	118,0A
13,2	152,1A	119,7B
Média	135,0	126,7

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Filgueiras *et al.* (2002), a massa ideal para o pedúnculo ser considerado excelente para mesa, é de 100 a 140 g. O clone avaliado nesse estudo, apresenta essa característica e pode ser incluído nessa classificação de excelência para produção de caju de mesa e também para a industrialização. Conforme Chitarra; Chitarra (2005) frutas de tamanho pequeno são antieconômicas para a extração de suco, uma vez que é necessário um maior número de unidades por caixa.

A classificação de pedúnculos de caju *in natura* no Brasil tem por base o número de cajus por embalagem de 550 a 600 g, que normalmente varia de 4 a 8 unidades. Considerando que a preferência do consumidor é por cajus tipos 4 a 6, os mais adequados são aqueles que pesam no mínimo 100 g (FILGUEIRAS *et al.*, 2002). Com base nos valores de massa do pedúnculo encontrado neste experimento demonstra que o clone CCP 76 sob diferentes dosagens do bagaço de caju produz, em média, cajus do tipo 4.

Para a massa da castanha não foi observado efeito significativo em nenhuma das três colheitas realizadas (TABELAS 22, 24 e 25), mas os valores encontrados superam os valores descritos por Figueiredo (2000), Pinto (1999) e Moura (1998), que obtiveram para o clone CCP 76 os valores, respectivamente, de 8,8; 9,1 e 9,0 g. No experimento desenvolvido por Barros *et al.* (1984) com o clone CCP 76, foi obtida uma média de 9 g, valor ligeiramente inferior ao obtido neste experimento, para o mesmo clone. Entretanto, Silva júnior; Paiva (1994) avaliaram vários clones no campo experimental da Embrapa no município de Pacajus-CE encontraram a massa de 10,1 g, para o CCP 76, classificando suas amêndoas como tipo SLW (Special Large Whole). Neste sentido, o clone CCP 76 produzido sobre o efeito das doses do bagaço apresenta boa aptidão para o beneficiamento da castanha, pois a indústria forçada pelo desejo do consumidor dos países importadores exigem castanhas do tipo SLW, livre de doenças, intactas, e que seja se possível, bem uniforme.

Tabela 24 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre a produtividade e qualidades físico – químicas dos frutos colhidos 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Bagaço de caju	Adubo	Massa Castanha	Massa Pseudo	C.L.	C.T.B.	C.T.P.	Firmeza	Acidez	S.S.T.	Produtividade de castanhas
t ha ⁻¹		g		mm			N	%	°Brix	Kg ha ⁻¹
0	Sem adubo mineral	10,0	138,8	68,3	60,9	52,8	7,5	0,25	11,5	114,4
3,3		10,1	132,0	67,9	62,4	55,3	8,2	0,24	11,1	358,8
6,6		10,0	130,7	66,2	60,7	52,8	7,2	0,27	12,1	218,4
9,9		10,1	137,9	69,0	61,8	53,6	8,1	0,25	12,4	286,0
13,2		9,9	130,9	67,3	60,9	52,9	6,3	0,24	12,6	280,8
0	Com adubo mineral	10,0	131,3	68,9	61,0	52,8	8,2	0,25	11,6	176,8
3,3		10,2	142,6	68,5	60,6	52,1	7,0	0,25	12,4	228,8
6,6		10,1	137,4	68,7	62,7	54,8	7,7	0,25	12,9	197,6
9,9		9,8	134,4	65,7	60,8	55,1	8,3	0,26	13,1	374,4
13,2		10,3	137,1	70,4	62,0	53,8	7,9	0,27	13,2	348,4
F.V.	G.L.	-----Q.M.-----								
Bagaço (B)	4	0,07247 ^{ns}	16,2631 ^{ns}	3,4208 ^{ns}	0,60837 ^{ns}	2,64172 ^{ns}	1,38066 ^{ns}	0,00034 ^{ns}	2,7000 ^{**}	18,42993 [*]
Adubo (A)	1	0,02131 ^{ns}	63,4977 ^{ns}	4,72141 ^{ns}	0,05662 ^{ns}	0,48107 ^{ns}	1,22725 ^{ns}	0,00116 ^{ns}	5,0766 ^{**}	0,62500 ^{ns}
Int. B x A	4	0,13728 ^{ns}	116,520 ^{ns}	12,6878 ^{ns}	4,81036 ^{ns}	8,64207 ^{ns}	2,08790 ^{ns}	0,00066 ^{ns}	0,40324 ^{ns}	6,16625 ^{ns}
Blocos	3	0,74351 ^{ns}	89,0554 ^{ns}	10,1544 ^{ns}	3,31063 ^{ns}	2,83103 ^{ns}	1,54478 ^{ns}	0,00010 ^{ns}	0,71877 ^{ns}	8,96419 ^{ns}
Erro	27	0,37168	177,696	10,7564	3,46006	3,58301	1,30331	0,00310	0,56437	4,57903
CV (%)		6,1	9,9	4,8	3,0	3,5	14,9	21,9	6,1	42,9

ns - não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 25 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju na ausência e na presença da adubação mineral sobre a produtividade e qualidades físico – químicas dos frutos colhidos 30 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Bagaço de caju	Adubo	Massa Castanha	Massa Pseudo	C.L.	C.T.B.	C.T.P.	Firmeza	Acidez	S.S.T.	Produtividade de castanhas
t ha ⁻¹		g		mm			N	%	°Brix	Kg ha ⁻¹
0	Sem adubo mineral	8,1	86,8	53,4	51,9	47,2	7,9	0,44	15,1	634,0
3,3		8,4	96,6	54,4	55,3	48,0	8,1	0,42	15,3	1014,0
6,6		7,9	103,1	56,0	55,3	47,9	5,8	0,42	15,6	868,4
9,9		7,6	93,5	52,3	54,3	48,2	7,4	0,38	14,1	967,2
13,2		8,1	92,3	52,1	54,8	49,4	8,6	0,41	14,5	884,0
0	Com adubo mineral	7,4	97,4	53,6	55,1	49,5	8,0	0,42	16,5	920,4
3,3		8,0	101,9	55,5	55,2	48,4	7,5	0,36	14,6	878,8
6,6		7,5	94,6	52,6	54,3	47,5	8,0	0,39	15,4	1024,4
9,9		8,3	94,7	53,2	53,6	48,3	7,2	0,34	16,3	930,8
13,2		8,0	105,2	57,5	56,3	50,2	7,0	0,37	15,5	915,2
F.V.	G.L.	Q.M.								
Bagaço (B)	4	0,3074 ^{ns}	86,2503 ^{ns}	7,0068 ^{ns}	6,2255 ^{ns}	4,8750 ^{ns}	1,5983 ^{ns}	0,0055 ^{ns}	1,0682 ^{ns}	15,9547 ^{ns}
Adubo (A)	1	0,3202 ^{ns}	184,6924 ^{ns}	7,5777 ^{ns}	3,5586 ^{ns}	3,6713 ^{ns}	0,0122 ^{ns}	0,0133 ^{ns}	6,0840 ^{ns}	13,0679 ^{ns}
Int. B x A	4	0,5692 ^{ns}	144,7708 ^{ns}	19,3123 ^{ns}	6,0193 ^{ns}	2,0712 ^{ns}	3,8866 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	2,8479 ^{ns}	19,7354 ^{ns}
Blocos	3	0,9388 ^{ns}	312,7617 ^{ns}	19,6528 ^{ns}	26,6856 ^{ns}	44,0204 ^{**}	2,3289 ^{ns}	0,0091 ^{ns}	1,1625 ^{ns}	30,7014 ^{ns}
Erro	27	0,60799	207,54292	11,66790	9,77730	6,86357	1,91336	0,00842	3,78759	23,46887
CV (%)		9,8	14,9	6,3	5,7	5,4	18,3	23,1	12,7	27,9

ns - não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de não ter sido verificado efeito significativo para os comprimentos transversal basal (CTB) e transversal peduncular (CTP) também nas três colheitas (TABELAS 22, 24 e 25). Ao considerar o formato do pedúnculo e suas dimensões, verificou-se que tanto neste, como em outros trabalhos, uma relação em torno de $1,2 \pm 0,2$, quando se diminui o CTB do comprimento longitudinal (CL) e o CTP do CTB, ou seja, $CL - CTB/CTB - CTP \cong 1,2 \pm 0,2$. Com essa proporcionalidade (formato piriforme) há uma facilidade para se arranjar os caju do CCP-76 nas bandejas para comercialização *in natura*. Vale ainda ressaltar que os valores médios encontrados foram superiores aos relatados na literatura.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para o comprimento longitudinal nas colheitas estudadas (TABELAS 22, 24 e 25). Contudo, as médias foram próximas as encontradas na literatura. Pinto (1999); Moura (1998) e Figueiredo (2000) trabalharam com o mesmo clone e encontraram valores de 73,2; 76,4; e 82,2 mm, respectivamente.

A média geral dos pedúnculos analisados no presente estudo (9,7 N) mostraram valores de firmeza superiores aos encontrados em outros estudos reportados na literatura. Figueiredo (2000) observou para o clone CCP 76 no estágio maduro 8,5 N de firmeza. Moura (1998) obteve valores de firmeza de 5,8 N também pra o CCP 76. Pinto (1999) encontrou o valor de 8,4 N para o mesmo clone. O comportamento observado nesse trabalho pode ter sido em virtude do aumento do Ca no fruto como mostrado anteriormente. Dessa forma, os pedúnculos dos clones comerciais analisados nesse estudo apresentaram uma vida útil pós-colheita superior que os frutos dos estudos supracitados. Isto permite um tempo maior para ser consumido e/ou processado sem sofrer alterações indesejáveis.

A acidez não diferiu estatisticamente em função dos tratamentos aplicados nas épocas de colheita (TABELAS 22, 24 e 25). Os resultados médios para as doses do resíduo na ausência e na presença da adubação mineral, encontrados para esta característica, foram inferiores aos obtidos por Moura Fé *et al.* (1972). Esses autores avaliaram pedúnculos colhidos em várias regiões do estado do Ceará e observaram média de 0,33% para os pedúnculos de coloração vermelha e 0,42% para os pedúnculos de coloração amarela. Price *et al.* (1975) analisaram pedúnculos classificados como doce e adstringente e observaram acidez de 0,48 e 0,58%, respectivamente.

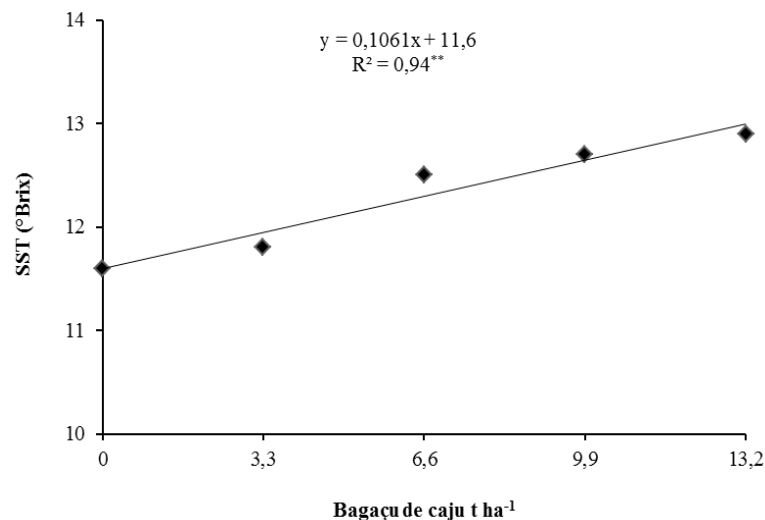
Não foi observado efeito significativo para os sólidos solúveis totais (SST) na primeira e última colheita (TABELAS 22 e 25). Porém, nesse estudo foram obtidos valores de SST um pouco superiores aos encontrados por Maia *et al.* (2004), que determinaram teores médios de 10,8° Brix. Trabalhos realizados por Gomes *et al.* (2006), Damasceno Jr.; Bezerra (2002) mostraram teores de 12,61 e 12,45° Brix respectivamente. Esses valores são próximos aos

encontrados nesse experimento e também dentro da faixa ótima de doçura descrita por Filgueiras *et al.* (2002), como sendo acima de 10° Brix.

Ao contrário da primeira e última colheita, os SST da amostragem de fruto realizada aos dezoito meses após aplicação do subproduto (2ª colheita), diferiram estatisticamente em função tanto das doses do resíduo como do fator adubo (TABELA 24). Houve resposta linear e crescente em função do aumento das doses do bagaço de caju (FIGURA 15). Esse efeito pode ter sido influenciado pelo aumento das concentrações de K no solo causado pela adição do bagaço como mencionado anteriormente.

Figura 15 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre os SST, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere ao efeito do adubo sobre os SST, é possível observar na Tabela 26 que os valores foram maiores na presença do adubo. Isso fica evidente, visto que, foi feita adubação com N, P, K e micronutrientes.

Tabela 26 - Efeito da aplicação do adubo sobre os SST dos frutos, em pomar de cajueiro em produção, colhidos 18 meses após a aplicação do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013.

Adubação mineral	SST
	°Brix
Ausente	11,9B
Presente	12,6A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

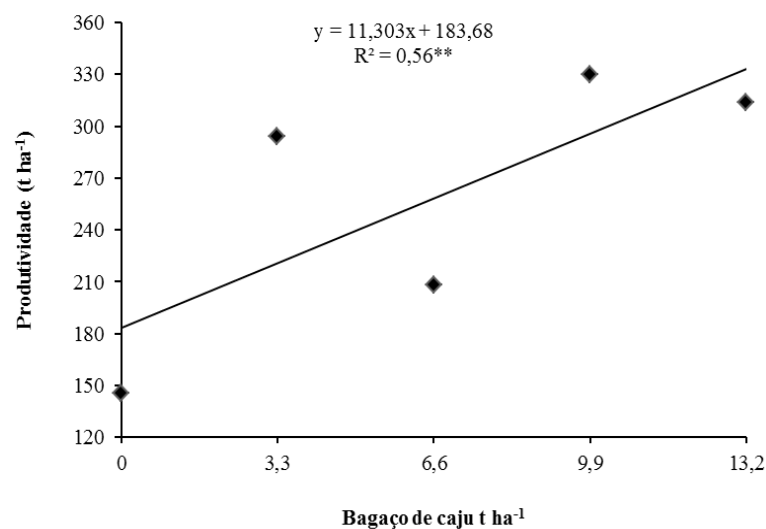
No 1º ano de produção, seis meses após a aplicação do resíduo, não foram detectados efeitos dos tratamentos, sejam relacionados às doses do bagaço de caju, à adubação mineral

ou mesmo à interação entre ambos (TABELA 22). Essa ausência de efeito das adubações pode ser justificada pelo tempo relativamente curto entre a aplicação dos tratamentos e a colheita da safra, pois plantas perenes normalmente demoram bastante para responder a adubações. Além disso, forma de aplicação dos tratamentos, sem incorporação ao solo, naturalmente retarda o seu efeito e a liberação da maioria dos nutrientes contidos no resíduo é relativamente lenta (CORRÊA *et al.*, 2008).

Embora não tenha sido detectado efeito de tratamento no primeiro ano de avaliação, vale ressaltar que a produtividade média geral dos tratamentos foi praticamente o dobro das médias nacional (325 kg ha^{-1}) e do estado do Ceará (342 kg ha^{-1}) (IBGE, 2011). Além disso, percebeu-se uma tendência de efeito positivo do incremento das doses do bagaço de caju sobre a produtividade de castanhas.

A produção de frutos apresentou resultados significativos em função da aplicação do bagaço de caju (TABELA 24). Houve um comportamento linear crescente da produtividade à medida que se aumentam as doses do bagaço, independentemente do adubo mineral (FIGURA 16).

Figura 16 - Efeitos da aplicação do bagaço de caju sobre a produtividade, em pomar de cajueiro em produção, 18 meses após a aplicação superficial do bagaço. UFC/Embrapa, Pacajus-CE, 2013. ** - Significativo a 1%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O cajueiro, erroneamente, é tido como planta que carece de baixa disponibilidade de nutrientes, razão pela qual, muitos cultivos são encontrados em solos de baixa fertilidade natural, sem nenhum aporte de fertilizantes. No entanto, tem sido observado que o rendimento de castanha é incrementado com a adição de nutrientes.

Com relação à análise foliar do presente trabalho, observou-se efeito significativo para a concentração do nitrogênio. Houve efeito linear crescente deste nutriente em função da aplicação do bagaço, com reflexos na produção de frutos. Segundo Faquin (2005), o N é o nutriente mineral mais exigido pela maioria das plantas e desempenha funções como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas. Adicionalmente ao aumento do N foliar, verificou-se sensível melhoria em várias propriedades químicas do solo, quando comparado com os valores iniciais da área do experimento e da entre linha. Desse modo, durante a condução do experimento, observaram-se os reflexos da aplicação do resíduo, sendo estes pronunciados no solo, na planta e, conseqüentemente, na produção de frutos.

Tal resultado difere daqueles encontrados por Souza (2009); Natale *et al.* (2009) os quais avaliaram a reutilização do resíduo do processamento de goiabas como adubo orgânico, com reaplicações anuais, em um pomar de goiabeiras adultas. Esses autores verificaram efeito na produção de frutos somente a partir do terceiro ano. Essa diferença pode estar relacionada, em grande parte, ao tipo de solo, aos seus atributos químicos e físicos e às diferenças entre os dois resíduos. O Argissolo Acinzentado deste estudo apresentava-se como menos fértil e com menor CTC (três vezes) que o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico usado no estudo supracitado. Possivelmente, pequenas alterações em suas propriedades tiveram reflexos relativamente mais expressivos na disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Além disso, o efeito de materiais orgânicos como agentes condicionadores do solo, melhoram suas características físicas, como retenção de água, plasticidade, porosidade etc., eventualmente mais importantes que seu efeito fertilizante (GUERRINI; BULL, 1992).

A adubação orgânica, muitas vezes realizada a baixos custos, pode ser interessante em relação aos fertilizantes minerais (KIEHL, 1985). Assim, a utilização de fontes que promovam a melhoria do estado nutricional e, conseqüente aumento de produção, torna-se imprescindível para uma agricultura competitiva.

5 CONCLUSÃO

No que diz respeito à fertilidade do solo, estado nutricional das plantas, qualidade pós-colheita e produtividade de castanha, foi possível verificar que as respostas dos atributos avaliados foram lineares crescentes evidenciando que a dose de 13,2 t ha⁻¹ do bagaço de caju foi a que mais refletiu em melhoras. No entanto, é necessária a realização de novos estudos, com doses mais elevadas ou reaplicações para a determinação das doses ótimas econômica e física.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS, ORGANOMINERAIS, FOLIARES, BIOFERTILIZANTES, CONDICIONADORES DE SOLO E SUBSTRATOS PARA PLANTAS. **Plano Nacional de Preservação da Biomassa dos Solos Brasileiros**. São Paulo, 2009.
- ABREU, C. A. de A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. dos. Micronutrientes. In.: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. LF.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. SBCS, Viçosa, p. 646-724, 2007.
- ABREU, F. A. P. **Beneficiamento do pedúnculo de caju para transformação em produto de maior valor agregado**. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/palestras/FAbreu/caju_ne/slide1.html>. Acesso em: 26 nov. 2013.
- ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 769-780, 2002.
- AGOSTINI-COSTA, T. S. et al. Teores de ácido anacárdico em pedúnculos de cajueiro *Anacardium microcarpum* e em oito clones de *Anacardium occidentale* var. *nanum* disponíveis no Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1075-1080, 2004.
- ALOISI, R. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; FIORIO, P. R. A aplicação de resíduos da indústria cítrica em três solos de São Paulo e o crescimento inicial de planta de milho em casa de vegetação. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 2, p. 533-548, 2001.
- ANDRADE, F. V. et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em latossolos e adsorção de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1003-1011. 2003.
- ARAÚJO, L. G. **Castanha-de-caju: panorama nacional**. Disponível em: <<http://www.portalmercadoaberto.com.br/blogs-categoria-det?post=3605>>. Acesso em: 01 dez. 2013.
- AQUINO, B. F. **Conceitos fundamentais em fertilidade do solo**. Fortaleza: UFC, 2008.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 11. ed. Washington, 1992.
- BARROS, L. M. et al. **A cultura do cajueiro anão**. Fortaleza: EPACE, 1984.
- BARROS, L. M. **Caju: produção: aspectos técnicos**. Fortaleza: EMBRAPA, 2002.
- BASTA, N. T.; SLOAM, J. J. Bioavailability of heavy metal in strongly acidic soils treated with exceptional quality biosolids. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, n. 2, p. 633-638, 1999.

BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 187-192, 1989.

BLUM, L. E. B. et al. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 627-631, 2003.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1639-1647, 2002.

BRAGA, M. M. et al. Bagaço de caju como adubo orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2008.

BRAGA, M. M. **Monitoramento da fertilidade de um solo adubado com bagaço de caju**. Monografia (graduação) – Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

CANTARELLA, H.; ABREU, C. A.; BERTON, R. S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1992, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1992. p. 63-122.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005.

CONWAY, W. S.; SAMS, C. E. Calcium infiltration of Golden Delicious apples and its effect on decay. **Phytopathology**, v.73, n. 7, p. 1068-1071, 1983.

CORRÊA, M. C. M. et al. **Monitoramento da fertilidade de um solo adubado com bagaço de caju**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2008.

CORRÊA, M. C. M. et al. Propriedades químicas do solo tratado com resíduo orgânico da indústria processadora de goiabas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 241-243, 2005.

CORRÊA, M. C. M.; QUEIROZ, R. F.; RUPPENTHAL. Diagnose foliar nas culturas do caju e do caqui. In.: PRADO, R. M. (Coord.). **Nutrição de planta diagnose foliar em frutíferas**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 2012. p. 380-410.

CRISÓSTOMO, L. A. Clima, solo, nutrição mineral e adubação para o cajueiro anão precoce. In: ARAUJO, J. P. (Org.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 43-59.

CRISÓSTOMO, L. A. et al. Cajueiro-anão precoce. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Org.). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: EMBRAPA, 2009. p. 50-69.

CRISOSTOMO, L. A et al. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 8p., 2003. (Circular Técnica Nº 08).

CRISÓSTOMO, L. A. et al. Produtividade, avaliação econômica, teores foliares de nitrogênio e potássio e atributos industriais de castanha de cajueiro anão precoce adubado com doses crescentes de nitrogênio e potássio em cultivo sob sequeiro. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Org.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 823-831.

DAMASCENO JÚNIOR, J. A.; BEZERRA, F. C. Qualidade de pedúnculo de cajueiro anão precoce cultivado sob irrigação e submetido a diferentes sistemas de condução e espaçamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 258-262, 2002.

EL-LEBOUDI, A. E.; IBRAHIM, S. A.; ABD EL-MOEZ, M. R. A trial for getting benefit from organic wastes of food industry. I. Effect on soil properties. **Egypt Journal of Soil Science**, Cairo, v. 28, n. 2, p. 289-298, 1988.

GUERRINI, I. A.; BULL, L. T (eds.). **Encontro sobre matéria orgânica do solo: problemas e soluções**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, 1992. 203 p.

ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 119-124, 1982.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT**. Production. Crops. 2011. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 09 nov. 2013.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2005.

FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Características do pedúnculo para exportação. In: CAJU: pós-colheita. Fortaleza: EMBRAPA, 2002. p. 14-21.

FRAGOSO, H. A. et al. Exportação de macronutrientes pela castanha e pseudofruto de dois clones de cajueiro anão-precoce. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n. 3, p. 603-608, 1999.

FRAGOSO, H. A. **Teores nas folhas e exportação de macronutrientes através das castanha e do pedúnculo de dois clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

FREDEEN, A. L.; RAO, I. M.; TERRY, N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in Glycine Max. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 89, p. 225-230, 1989.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Calendário das chuvas no estado do Ceará**. Disponível em:

<<http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/calendariodaschuvas>>. Acesso em: 30 jan. 2014.

GHOSH, S. N.; BOSE, T. K. Nutritional requirement of cashew (*Anacardium occidentale*, L.) in laterite tract of West Bengal. **Indian Cashew Journal**, v.18, n.1, p.11-16, 1986.

GHOSH, S. N. Effect of different levels of nitrogen on growth and yield of cashew in old plantation. **The Cashew**, Kerala, v. 4, n. 1, p. 15-17, 1990.

GHOSH, S. N. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on flowering duration, yield and shelling percentage of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Indian Cashew Journal**, v. 22, p. 19-23, 1989.

GLÓRIA, N. A. Resíduos industriais como fonte de matéria orgânica. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu, **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1992. p. 129-148.

GOMES, J. C. M. et al. Pós-colheita de clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 2, abr. 2006.

GRUNDON, N.J. Cashew nuts in North Queensland respond to phosphorus and sulfur fertilizers. **Better Crops International**, Norcross, v. 13, n. 2, p. 22-24, 1999.

GUERRERO, C. C. et al. Re-use of industrial orange wastes as organic fertilizers. **Bioresource Technology**, Bonking, v. 53, n. 1, p. 43-51, 1995.

GUERRINI, I. A. et al. Influência do resíduo celulósico e cinza provenientes de fábrica de celulose e papel sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, em condições de vaso. **Científica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 43-51, 1994.

HAAG, H. P. et al. **Nutrição mineral do cajueiro** (*Anacardium occidentale* L.). III - Absorção de nutrientes - nota prévia. **Anais da E.S.A. "Luíz de Queiroz"**, Piracicaba, v.32, p.197-204, 1975.

HANSON, E. J.; BEGGS, J. L.; BEAUDRY, R. M. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. **HortScience**, v. 28, n. 10 p. 1033-1034, 1993.

HOLANDA, J. S. et al. **Da carne de caju à carne de cordeiro**. Natal: EMPARN, 2010.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=11&i=p&c=1613>>. Acesso em: 01 ago. 2013.

IBRAHIM, S. A.; EL-LEBOUDI, A.E .; ABD EL-MOEZ, M. R. A trial for getting benefit from organic wastes of food industry. II. effect on plant growth and nutrients uptake. **Egypt Journal of Soil Science**, Cairo, v. 28, n. 3, p. 311-319, 1988.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal**: Pacajus. Fortaleza, 2004.

JERÔNIMO, C. E. M. et al. Caracterização dos resíduos das indústrias potiguares de beneficiamento de polpa de frutas. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6. , 2002. **Anais...** Florianópolis: ABES, 2002.

KERNOT, I. (Coord.). **Cashew**: information kit. Queensland: Department of Primary Industries, 1998.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LEITE, L. A. S.; PAULA PESSOA, P. F. A. Comercialização. In: BARROS, L. M. (Ed.) **Caju**: produção: aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2002.

LIMA, J. D. et al. Crescimento e nutrição de mudas de bananeira em substrato contendo resíduos da agroindústria de chá preto durante a aclimatização. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 37-42, 2009.

LIMA, O. G.; MAGALHÃES NETO, B.; FARIAS, L. Introdução ao estudo químico dos cajus de Pernambuco, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 4., 1994, Recife. **Anais...** Recife: CBQ, 1994. p. 17.

LOGAN, T. J.; LINDSAY, B. J.; GOINS, L. E.; RYAN, L. A. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 26, p. 534-550, 1997.

LOPES, A. S.; SILVA, C. A. P.; BASTOS, A. R. R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In: YAMDA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 13-33.

MAIA, G. A. et al. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, p. 272-278, 2004.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989.

MANTOVANI, J. R. et al. Uso fertilizante de resíduo da indústria processadora de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, 2004.

MAHANTHESH, B.; MELANTA, K. R. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yield of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Cashew**, Kerala, v. 8, n. 4, p. 14-18, 1994.

MAZUR, N.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 153-156, 1983.

MELLO, C. **Sebrae busca reduzir desperdício de 75% da produção de caju**. 2010. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/noticia/10780265/agronegocios/sebrae-busca-reduzir-desperdicio-de-75-na-producao-de-caju/?indice=10>>. Acesso em: 20 out. 2013.

MENDONÇA, V. et al. Diferentes níveis de composto orgânico na formulação de substrato para a produção de mudas de mamoeiro “Formosa”. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 1, p. 49-53, 2007.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principios de nutrición vegetal**. Basel: IPI, 2000.

MODONESE-GORLA DA SILVA, S. H. et al. Viabilidade do uso do resíduo da indústria do chá na adubação de goiabeiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio: SBF, 2006. p. 552.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.

MOREIRA, S. A. et al. Remoção de metais de solução aquosa usando bagaço de caju. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1717-1722, 2003.

MOURA, C. F. H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L. var *nanum*) irrigado**. 1998. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MOURA FÉ, J. A. et al. Características químicas do hipocarpo do caju (*Anacardium occidentale*, L.). **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 2, n. 2, p. 103-108, 1972.

MUNOZ HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 1, p.78-86, 1998.

NATALE, W. et al. Efeitos do subproduto da indústria processadora de goiabas na presença e ausência da adubação mineral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 2010, Uberlândia. [**Anais...**]. Uberlândia: [s. n.], 2010.

NATALE, W. et al. Efeito da aplicação do subproduto da indústria processadora de goiabas no solo, no estado nutricional, na produção e no índice spad em pomar de goiabeiras. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 28., 2009, San José. [**Anais...**]. San José: SLCS, 2009.

NUERNBERG, N. J.; STAMMEL, J. G. Rendimento de culturas e características químicas do solo sob diferentes sucessões e adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 87-93, 1989.

OLIVEIRA, F. C. et al. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 529-538, 2002.

OLIVEIRA, L. G. L.; IPIRANGA, A. S. R. Sustentabilidade e inovação na cadeia produtiva de caju no Ceará. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, Recife, v. 7, n. 2, p. 252-272, 2009.

OLIVEIRA, O. R. et al. Desenvolvimento de plantas de pimentão em substrato com diferentes doses de bagaço de caju. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS MATERIAIS REGIONAIS COMO SUBSTRATO, 2008, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: EMBRAPA, 2008.

OLIVEIRA, V. H.; CRISOSTOMO, L. A. Nutrição mineral. In: BARROS, L. M. (Org.). **Caju produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2002. p. 84-88.

OLIVEIRA, V. H. **Nutrição mineral do cajueiro**. Fortaleza: EMBRAPA, 1995.

PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. Desenvolvimento do agronegócio caju brasileiro. In: ARAUJO, J. P. (Org.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 1-40.

PINTO, S. A. A. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L. var *nanum*) cultivados em condição de sequeiro**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

PINTO, S. A. A. et al. Fresh consumption quality of the apple of some Brazilian early dwarf cashew clones (*Anacardium occidentale* L.) Proc. **Interamer. Soc. Trop. Hort.**, v. 4, p. 189-193, 1997.

PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W. Efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1493-1500, 2002.

PRADO, R. M. et al. Respostas de mudas de goiabeira à aplicação de escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 160-163, 2003.

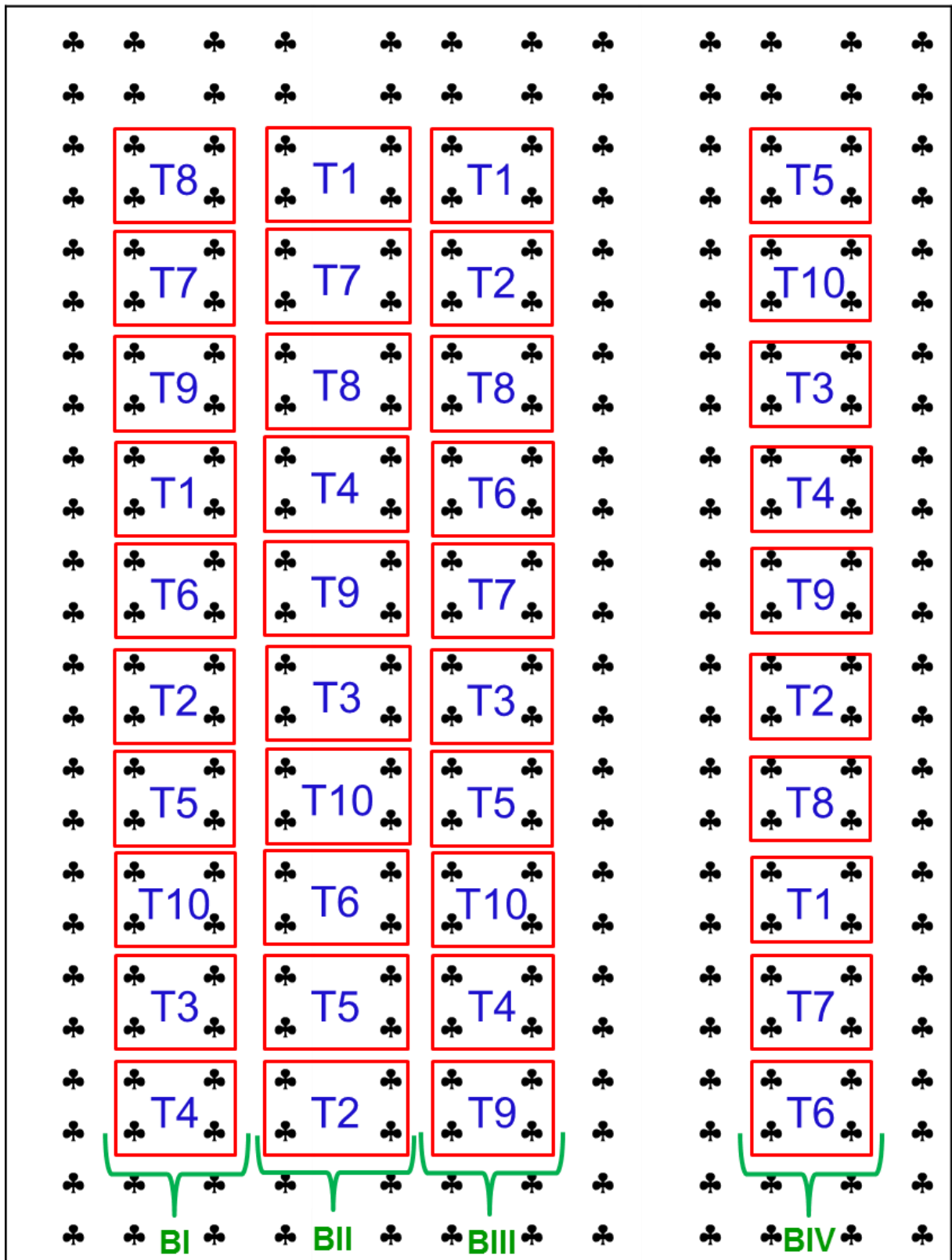
PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade do fósforo no Latossolo Vermelho-Escuro e na Areia Quartzosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 74, n. 2, p. 235-242, 1999.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Soil liming effects on the development and the nutritional status of the carambola tree and its fruit yielding capacity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n. 3-4, p. 493-511, 2007.

- PRADO, R. M.; NATALE, W.; SILVA, J. A. A. Liming and quality of guava fruit cultivated in Brazil. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.106, n.1, p. 91-102, 2005.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 1^a edição, 408 p. 2008.
- PRAGANA, R.; MELO, R. M.; SANTOS, P. M. Mudanças de alface em substratos de pó de coco com diferentes estágios de maturação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2001. p. 252-256.
- PRATELLA G. C. Note di biopatologia e tecnica di conservazione-trasporto dei frutti: l'effetto del calcio in post-raccolta. **Rivista di Frutticoltura**, Bologna, v. 6, p. 70-71, 2003.
- PRICE, R. L. et al. Constituents of brazilian cashew apple juice. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 5, n. 1-2, p. 61-65, 1975
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420p.
- REDDY, A. V. et al. Cashew NPK nutrition in relation to growth under graded doses of nitrogen fertilization. **Indian Cashew Journal**, Ramprastha, v. 14, n. 4, p. 15-21, 1981.
- RIBEIRO, K. A. et al. Qualidade do solo na cultura do cajueiro anão precoce cultivado sobre diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 341-351, 2007.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B.; NASCIMENTO, P. R. F. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com Egeria densa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 995-1002, 2007.
- SILVA, F. C. et al. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831-840, 2001.
- SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2009.
- SILVA JÚNIOR, A.; PAIVA, F. F. A. **Estudos físico e físico-químico de clones de cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1994.
- SIMONETE, M. A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10 p. 1187-1195, 2003.
- SIQUEIRA, A. M. de A.; BRITO, E. S. de. Aproveitamento do bagaço de caju para a alimentação humana e utilização em outras indústrias de alimentos. In. : ARAUJO, J. P. (Org.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 349-361.

- SLOAN, J. J.; BASTA, N. T. Remediation of acid soils by using alkaline biosolids. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 24, n. 6, p. 1097-1103, 1995
- SOUSA, B. A. A.; CORREIA, R. T. P. Biotechnological reuse of fruit residues as a rational strategy for agro-industrial resources. **J. Technol. Manag. Innov.**, v. 5, n. 2, p. 104-112, 2010.
- SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA S. A. Acidez do solo e sua correção. In.: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. LF.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. SBCS, Viçosa, p. 206-268, 2007.
- SOUZA, H. A. **Viabilidade de adubação da goiabeira ‘Paluma’ utilizando subproduto residual da indústria processadora de frutos da própria cultura**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- SOUZA, P. S. **Incorporação do lodo de esgoto e de vinhaça em Latossolo cultivado com soja (Glicine maxL. Moench) cv. Foscárim**. 1997. 49 f. Monografia (graduação em Agronomia) – Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.
- STEVENSON, F. J. **Cycles of soil**: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- SUBRAMANIAN, S. et al. Studies on method of fertilizer application in cashew. **South Indian Horticulture**, Coimbatore, v.43, n. 1-2, p. 38-39, 1995.
- VISHNUVARDHANA et al. Influence of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and yield of cashew under eastern dry zone of Karnataka. **Cashew**, Chintamani, v. 16, n. 2, p. 39-42, 2002.
- TATE, R. L. **Soil organic matter**: biological and ecological effects. New York: John Wiley & Sons, 1987.
- TORRES, M. H. **Avaliação do resíduo da indústria processadora de goiabas aplicado como fertilizante**. 2008. 61 f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- TRANNIN, I. C. de; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Atributos químicos e físicos de um solo tratado com lodo de esgoto industrial e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 223-230, 2008.

APÊNDICE A - CROQUI DO EXPERIMENTO



Fonte: Elaborado pelo autor