

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

KELLY NASCIMENTO LEITE

ANÁLISE ECONÔMICA DA RESPOSTA DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE BRS 189
AOS FATORES DE PRODUÇÃO ÁGUA E ADUBO POTÁSSICO

FORTALEZA – CEARÁ

2010

ANÁLISE ECONÔMICA DA RESPOSTA DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE BRS 189
AOS FATORES DE PRODUÇÃO ÁGUA E ADUBO POTÁSSICO

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovada em: 15 de Julho de 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof^o Raimundo Nonato Távora Costa, Dr (Orientador)
DENA/CCA/UFC

João Ribeiro Crisóstomo, Dr (Co-orientador)
Embrapa

Prof^o José Antônio Frizzone, Dr (Examinador)
ESALQ-USP

Prof^{ta} Albanise Barbosa Marinho. Dra .(Examinadora)
UNILAB/UFC

L55a Leite, Kelly Nascimento

Análise econômica da resposta do cajueiro anão precoce BRS 189 aos fatores de produção água e adubo potássico / Kelly Nascimento Leite. -- Fortaleza, 2010.

99 f. ;il., color.; enc.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa

Co-orientador: Prof. Dr. João Ribeiro Crisóstomo

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2010.

1. Cajueiro anão. 2. Função de produção. 3. Adubação. I. Costa, Raimundo Nonato Távora (Orient.). II. Crisóstomo, João Ribeiro (Co-orient.). III. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. IV. Título.

CDD 630

DEDICO

Aos meus pais, Manoel de Souza Leite e Rita Matilde N. Leite e a minha tia Maria Alice do Nascimento, pelo amor, apoio incondicional e confiança que tem sido desprendida a mim, por toda minha trajetória

OFEREÇO

Aos produtores, pesquisadores e a todos que de todo modo usufruirá dos resultados alcançados a partir deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu a vida e todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

A minha família que me apoiou em todas minhas decisões e me concedeu as condições necessárias para a realização deste curso. Em especial aos meus pais e minhas tias, Maria Alice do Nascimento e Maria Silene do Nascimento.

Aos meus irmãos, Edson, Ricardo, Geórgia, Fernanda, Eliton e Priscila, pela amizade incondicional.

Ao meu amigo e companheiro José Soares Teixeira Filho, que me apoiou e ajudou, incondicionalmente, em todas as minhas decisões.

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade da realização deste mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola especialmente à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao professor Raimundo Nonato Távora Costa pela qualidade na orientação imprescindível ao trabalho, amizade e ensinamentos.

Ao Dr João Ribeiro Crisóstomo pela inestimável ajuda em algumas etapas deste trabalho.

Aos professores José Antônio Frizzone e Albanise Barbosa Marinho pelas sugestões apresentadas e disponibilidade para participação na banca examinadora.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo apoio e ensinamentos que contribuíram para a minha formação profissional.

Aos meus colegas e amigos do curso de mestrado, pelo companheirismo e lealdade no decorrer do curso.

Aos meus colegas que no decorrer do curso se tornaram verdadeiros amigos: Daniel, Débora, Fabrício, Ana Paula, Clecy, Aglodoaldo Júnior, Bruno, Leila, Fernando, Alexandre.

Aos meus amigos Ray e Rochele, que tem me acompanhado desde a época de graduação, por sua amizade, companheirismo e lealdade.

A todos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo - Semiárido, pela amizade e companheirismo que tiveram comigo durante as atividades de pesquisa. Em

especial ao colega Haroldo Ferreira de Araújo pela sua inestimável ajuda durante todo o processo de implantação e condução deste trabalho.

Aos produtores e proprietário do lote em que foi realizado esse trabalho no Perímetro Irrigado Curu – Pentecoste, Sr Antonio Góes e seu filho Francisco, por sua imprescindível ajuda durante a condução do experimento.

Aos demais produtores do perímetro, Sr Joaquim, José Venâncio, Antônio Merin, Édio, André, Nena, Dêncio, entre outros.

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meus sinceros agradecimentos.

“Sem sonhos, as perdas se tornam insuportáveis, as pedras do caminho se tornam montanhas, os fracassos se transformam em golpes fatais. Mas se você tiver grandes sonhos seus erros produzirão crescimento seus desafios produzirão coragem.”

(Augusto Cury)

RESUMO

LEITE, Kelly Nascimento, Universidade Federal do Ceará. Julho de 2010. Análise econômica da resposta do cajueiro anão precoce BRS 189 aos fatores de produção água e adubo potássico. Orientador: Raimundo Nonato Távora Costa. Co-orientador: João Ribeiro Crisóstomo, José Antônio Frizzone, Albanise Barbosa Marinho.

Para sucesso da exploração agrícola é necessário incrementar técnicas de cultivo e manejo da cultura do cajueiro para que assegure uma produção eficiente e de qualidade. O uso da função de produção permite a obtenção de planos ótimos de cultivo com base nos níveis de água e adubo. Baseado nessas premissas, esse trabalho teve como objetivo obter e analisar sob o aspecto econômico a resposta do clone do cajueiro anão precoce BRS 189 aos fatores de produção água e adubo potássico. O experimento foi conduzido no núcleo D do Perímetro Irrigado Curu – Pentecoste, Ceará, de junho a dezembro de 2009. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas, composto de quatro tratamentos primários nas parcelas e quatro tratamentos secundários nas subparcelas. Os tratamentos primários corresponderam a 25, 50 100 e 200% da lâmina evapotranspirada da cultura, estimada através do tanque classe A, e os tratamentos secundários referentes às doses de K_2O 0, 50, 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹. O pomar de cajueiro foi instalado em 2005 sendo essa pesquisa realizada no quarto ano, época em que a cultura atinge seu potencial de produção. O clone utilizado foi espaçado de 7,0 m x 7,0 m irrigado por um sistema de irrigação por microaspersão. As análises constaram em duas etapas: Características pós-colheita (sólidos solúveis totais - SST, peso médio, comprimento médio e diâmetro médio do pedúnculo) e análise quantitativa (produtividade do pedúnculo e castanha). Os resultados permitiram as seguintes conclusões: O fator de produção potássio apresentou influência significativa em nível de 5% para os caracteres pós-colheita do caju. Com exceção da variável peso médio do fruto que apresentou influência significativa em nível de 1% para o fator de produção água. A máxima produtividade física observada, de 6.665,7 kg ha⁻¹ foi obtida com o tratamento W_3K_3 , referente a 100% da evapotranspiração máxima da cultura e 200 g planta⁻¹ano⁻¹ de K_2O ou 40,8 kg ha⁻¹ano⁻¹. A produtividade máxima estimada (7.600,9 kg ha⁻¹) correspondeu a uma necessidade de água superior em 14,5% ao tratamento W_3 (100% de ETc) e 140,5 g planta⁻¹ ano⁻¹ de K_2O , valor este igual ao recomendado pela análise de solo. O nível de água economicamente ótimo está 4,5% abaixo do nível de água observado que proporcionou a máxima produtividade. Já a produtividade econômica é inferior em apenas 1,4% à produtividade estimada pelo modelo estatístico, e proporciona uma economia de água de 15,5% comparativamente ao nível de água estimado pelo modelo para máxima produtividade física.

Palavras- chave: Cajueiro Anão. Função de produção. Análise econômica.

ABSTRACT

LEITE, Kelly Nascimento, Universidade Federal do Ceará. July 2010. Economic analysis of the culture of the BRS 189 dwarf cashew as a function of water volume and potassium mass supplied. Advisor: Raimundo Nonato Távora Costa. Co-Advisors: João Ribeiro Crisóstomo, José Antonio Frizzone, Albanise Barbosa Marinho

For the success of the cashew culture as an agrarian enterprise, it is necessary to enhance farming techniques and crop management of cashew, ensuring efficient production and quality. The use of the production function allows the cashew grower to conceive optimal cultivation plans based on optimal levels of watering and fertilizing. Based on these considerations, this study was aimed at determining and analyzing the response of the dwarf cashew clone BRS 189 to the production factors water and potassium fertilizer, particularly from an economic viewpoint. The experiment was conducted in the D core of the Perímetro Irrigado (irrigated perimeter) Curu - Pentecoste (Ce), in the period from June to December 2009. The experimental design was randomized blocks with split plots consisting of four primary treatments in plots and four secondary treatments in subplots. Initial treatment consisted of 25, 50, 100 and 200% of the water volume lost by evapotranspiration by the culture, as estimated by a class A tank, and the secondary treatments consisted of applications of 0,50,100 and 200 g tree⁻¹ year⁻¹ of K₂O. The cashew orchard was established in 2005 and this survey was done in the fourth year, a time when this culture reaches its full production potential. The clone used spaced 7.0m x 7.0m, irrigated by a micro-sprinkler irrigation system. Analysis consisted of two stages: post-harvest characteristics (TSS, average fruit weight, average length and diameter) and quantitative analysis (productivity). The results obtained led to the following conclusions: The potassium production factor had significant influence at the level of 8%, for the analyzed cashew post-harvest production variables. For the water production factor, however, only the variable average fruit weight showed significant influence, at the level of 5%. The maximum observed physical productivity, of 6665.7 kg ha⁻¹, was obtained with treatment W₃K₂, referring to the watering equivalent to 100% of maximum crop evapotranspiration and an application of 100 g K₂O⁻¹ tree⁻¹year⁻¹ or 20.4 kg ha⁻¹year⁻¹. The estimated maximum yield (7600.9 kg ha⁻¹) corresponded to an water requirement of more than 14.5% of the treatment W₃ (100% ETm) and 140.5 g tree⁻¹ year⁻¹ of K₂O, an amount equal to that recommended by soil analysis. The economically optimal watering level is 4.5% below the watering level observed to provide the highest productivity. Now, the economic productivity is only 1.4% lower than the productivity estimated by the statistical model, and saves 15.5% water, when compared with the watering requirements estimated by the physical model for maximum productivity.

keywords: Cashew tree. Production function. Economic analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Relação que expressa todas as possíveis combinações de dois insumos utilizados para produzir um mesmo nível de produto	33
FIGURA 2	Área experimental, setor D do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste.	34
FIGURA 3	Vista do pomar de cajueiro no quarto ano.	36
FIGURA 4	(A) conjunto motor bomba, (B) poço tubular, (C) microaspersor, (D) manômetro e registro de gaveta.....	38
FIGURA 5	Tanque classe A para medições diárias de evaporação	39
FIGURA 6	Croqui do delineamento experimental da área do experimento.....	40
FIGURA 7	Aplicação de adubo sob a projeção da copa do cajueiro	41
FIGURA 8	Determinação dos sólidos solúveis totais (SST) com refratômetro portátil	42
FIGURA 9	Pesagem dos frutos	43
FIGURA 10	Detalhe dos pontos de medição do comprimento e diâmetro médio do pedúnculo	43
FIGURA 11	Valores mensais da ETc (mm mês ⁻¹) e precipitação (mm mês ⁻¹) pra o período jul./ago. de 2009	49
FIGURA 12	Efeito dos diferentes volumes de água no peso médio do fruto	52
FIGURA 13	Curva da produtividade média do cajueiro em função do volume de água aplicado.....	56
FIGURA 14	Produtividade média do cajueiro em função das doses de adubo.....	57
FIGURA 15	Níveis de água economicamente ótimos em função da relação entre o preço da água e preço do produto	60
FIGURA 16	Superfície de resposta da produtividade do cajueiro em função do volume de água e doses de potássio.....	61
FIGURA 17	Isoquantas para a produtividade do cajueiro em função do volume de água e das doses de K ₂ O	64
FIGURA 18	Região de produção racional do cajueiro.....	68
FIGURA 19	Produtividade da água em função do volume de água.....	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Características físico-químicas do solo da área do experimento	35
TABELA 2	Características químicas da água de irrigação	38
TABELA 3	Dados climáticos do período do experimento.....	48
TABELA 4	Quadro da análise de variância para comprimento médio do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K ₂ O.....	50
TABELA 5	Quadro da análise de variância para o diâmetro médio (mm) do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K ₂ O.....	50
TABELA 6	Quadro da análise de variância para o peso médio (g) do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K ₂ O.....	51
TABELA 7	Quadro da análise de variância para SST (° Brix) do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K ₂ O	52
TABELA 8	Resumo da análise de variância e dados de regressão para produtividade do cajueiro em função da água e potássio	53
TABELA 9	Produtividade média (pedúnculo +castanha) do cajueiro, em kg ha ⁻¹ , em função do volume de água e doses de potássio.....	54
TABELA 10	Equações da produtividade do cajueiro em função do volume de água aplicado, para as doses de K ₂ O 100 e 200 g planta ⁻¹ ano ⁻¹	58
TABELA 11	Produto físico marginal do fator água para as doses de K ₂ O 100 e 200 g planta ⁻¹ ano ⁻¹ correspondente a cada nível de água aplicado.....	59
TABELA 12	Volume de água economicamente ótimo em função da relação entre o preço da água (P _w) e o preço do caju (P _Y).....	59
TABELA 13	Análise de regressão múltipla da produtividade do cajueiro (Y) em função de diferentes doses de adubação (K) e volume de água (W).....	62
TABELA 14	Produto físico marginal da água para os diferentes volumes de água (valor superior) e produto físico marginal do potássio para as diferentes doses de potássio (valor inferior).....	65

TABELA 15	Taxas marginais de substituição ($TMS_{W/K}$) da água por potássio e os volume de água e doses de potássio, correspondente a cada nível pré-fixado de produtividade.....	67
TABELA 16	Valores médios da eficiência do uso da água ($kg\ m^{-3}$) em função do volume de água (m^3) e das doses de adubação potássica.....	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	17
2.1	Características agronômicas do cajueiro	17
2.2	Importância sócio-econômica do cajueiro	20
2.3	Necessidades hídricas da cultura	22
2.4	Necessidades nutricionais do cajueiro	25
2.5	Importância da adubação potássica	27
2.6	Análise econômica e função de resposta	29
2.7	Maximização da produção	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	Caracterização da área do experimento	34
3.2	Instalação e manejo da cultura	35
3.3	Sistema e manejo de irrigação	36
3.4	Delineamento experimental	40
3.5	Colheita e análise de frutos	42
3.6	Função de Produção	44
3.7	Isoquantas ou curvas de isoprodutos	45
3.8	Produto físico marginal da água e potássio	45
3.9	Taxa marginal de substituição	45
3.10	Custo de produção	46
3.11	Eficiência do uso da água e do potássio	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Características meteorológicas do período de cultivo experimental	48
4.2	Análise qualitativa do pedúnculo	49
4.2.1	Comprimento e diâmetro médio do pedúnculo	49
4.2.2	Peso médio do pedúnculo+castanha	51
4.2.3	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	53
4.3	Produtividade do cajueiro (pedúnculo+castanha) em função dos fatores água e potássio	54
4.4	Dose de potássio economicamente ótima	57
4.5	Nível de água economicamente ótimo	57

4.6	Superfície de resposta.....	60
4.7	Isoquantas.....	63
4.8	Produtos físicos marginais da água e do potássio	64
4.9	Taxa marginal de substituição.....	65
4.10	Região de produção racional	68
4.11	Combinação dos fatores de produção para obtenção da máxima receita líquida	69
4.12	Eficiência de uso da água (E_{UA}) e do potássio (E_{UK}).....	70
5	CONCLUSÕES.....	72
	REFERÊNCIAS.....	73
	APÊNDICE	82
	ANEXO.....	97

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o terceiro lugar no “ranking” de maiores produtores de frutas do mundo. Em 2008 sua produção superou 43 milhões de toneladas, se destacando em âmbito mundial como produtor de frutas irrigadas. Entre as diversas frutíferas produzidas no Brasil a cajucultura responde por quase dois milhões de toneladas de pedúnculo por ano. A importância sócio-econômica da cultura pode ser vista, nos 690 mil hectares de cajueiro em todo o território brasileiro.

No Nordeste brasileiro o cajueiro constitui uma cultura de elevada importância econômica e social, ocupando uma área de 670 mil hectares, que representa 98% da área plantada no país, gerando renda para mais de 300 mil pessoas, com divisas superiores a 135 milhões de dólares anuais. A produção do cajueiro ocorre no período seco, portanto na entressafra das demais espécies cultivadas na região, o que ocasiona uma relevância estratégica na ocupação da mão-de-obra. O cajueiro é explorado em sua quase totalidade em regime de sequeiro, no entanto nos últimos anos tem se aprimorado técnicas e surgido novos clones para cultivo em regime de irrigação.

O aprimoramento de técnicas tem atribuído valor econômico ao pseudofruto, antes desperdiçado pelos produtores. O processamento do pseudofruto resulta em mais de 30 produtos, sendo a potencialidade desse segmento de importância significativa, devido à possibilidade de a baixo custo proporcionar uma melhoria no valor nutricional da dieta alimentar da população de baixa renda. A industrialização do pedúnculo em grande escala, para a fabricação de sucos, cresce a uma taxa de 18% ao ano atingindo cerca de 17 milhões de consumidores, em todo o mundo.

Os clones de cajueiro desenvolvidos pela Embrapa começam a modificar o perfil de exploração da cultura, apresentando características de melhoramento do fruto e pseudofruto. O clone BRS 189 mostra-se como alternativa para fruta de mesa, incrementando o agronegócio caju.

No entanto, para sucesso da exploração agrícola é necessário incrementar técnicas de cultivo e manejo da cultura para que assegure uma produção eficiente e de qualidade, exigindo para isso a necessidade de estudos sobre as potencialidades hídricas da cultura, de forma a suprir suas exigências utilizando de forma racional a irrigação, capazes de aumentar a produtividade e conseqüentemente o lucro do produtor.

O uso de funções de produção que relaciona água e adubo para a cultura é particularmente importante na análise a produção agrícola do cajueiro para o processo de planejamento. Essas funções representam o elemento básico de decisão de investimento, permitindo a obtenção de planos ótimos de cultivo e ocupação de área para a produção econômica com base nos níveis ótimos de água e adubo.

Diante o exposto, o objetivo deste trabalho foi obter e analisar sob o aspecto econômico, a resposta do clone do cajueiro anão precoce BRS 189 aos fatores de produção água e adubo potássico.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Características agronômicas do cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é encontrado em quase todo o mundo, típico do clima tropical, sendo originário do Brasil, onde pode ser encontrado em todo o território, concentrando-se em sua maioria na região Nordeste, principalmente nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (BARROS *et al.*, 1993).

Pertencente a família das Anacardiaceae, a qual compreende cerca de 60 a 74 gêneros e 400 a 600 espécies, de árvores e arbustos, principalmente tropicais e subtropicais. No gênero *Anacardium*, das 21 espécies descritas pela taxonomia tipológica, apenas três não ocorrem no Brasil (PAIVA; CRISÓSTOMO; BARROS, 2003). Barros *et al.* (1993) acreditam que é possível a existência de espécies ainda desconhecidas, como também uma superposição entre as conhecidas, necessitando portanto, de mais estudos na área de sistemática para melhor classificação taxonômica do gênero. A quase totalidade das espécies encontra-se no planalto central e na Amazônia, tanto nos cerrados como na floresta.

A árvore do cajueiro possui troncos tortuosos e relativamente baixos. Existem dois tipos o comum e o anão. O tipo comum pode atingir entre cinco e dez metros de altura, mas em condições propícias podem chegar a medir 20 metros enquanto o tipo anão possui altura média de quatro metros (CAJUEIRO, 2009). Acrescenta-se ainda copa homogênea, diâmetro do caule e envergadura de copa inferiores ao do tipo comum e precocidade etária iniciando florescimento entre seis e dezoito meses (BARROS *et al.*, 1998).

O cajueiro é uma planta andromonóica, com flores masculinas (estaminadas) e hermafroditas numa mesma panícula. O fruto, um aquênio reniforme, consiste do epicarpo, mesocarpo, endocarpo e a amêndoa que é coberta por uma panícula. O mesocarpo é constituído por uma camada de células esponjosas onde se localiza o LCC (Líquido da Casca da Castanha) (CAJUCULTURA, 2009).

O caju é rico em vitamina C (seu teor é bem maior do que o da laranja), além de possuir quantidades significativas de certas vitaminas do complexo B e Ferro. Ajuda a proteger as células do sistema imunológico contra os danos dos radicais livres, é grandemente utilizado na fabricação de sucos, sorvetes, doces, licores, vinhos, xaropes e vinagres. A castanha também, depois de torrada, é usada como petisco, sendo exportada para grande parte

do mundo. Até mesmo o bagaço do caju pode ser aproveitado na elaboração de determinados pratos da culinária nordestina (MUNDO EDUCAÇÃO, 2005).

Após o lançamento dos clones de cajueiro do tipo anão precoce na década de 1980, grande impulso foi dado à cultura do cajueiro no Brasil. Com potencial para exploração dentro dos modernos sistemas de cultivo parte do esforço despendido no programa de melhoramento concentra-se neste tipo (CAVALCANTI *et al.*, 1997).

O cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) tem sido cultivado na região Nordeste do Brasil, apresentando porte reduzido das plantas, facilitando a colheita manual do pedúnculo, apresenta pedúnculos com elevados teores de açúcares, menor teor de taninos oligoméricos e produtividade satisfatória (SILVA JÚNIOR; PAIVA, 1994). A produtividade esperada, para o cajueiro anão precoce em cultivo de sequeiro é em cerca de 1.000 kg ha⁻¹ de castanha e 10.000 kg ha⁻¹ de pedúnculo, enquanto que em cultivo irrigado essa produção chega a 3.800 kg ha⁻¹ de castanha e 30.000 kg ha⁻¹ de pedúnculo (OLIVEIRA, 2002).

A cultura adapta-se a uma ampla faixa ecológica, considerando-se o total de precipitação com freqüência, com estação seca de quatro a cinco meses. O cajueiro, por ser planta de clima tropical, adapta-se melhor às áreas de temperaturas elevadas. O ótimo térmico para o seu desenvolvimento e frutificação encontra-se em torno de 27°C, suportando temperaturas acima de 35°C, porém, mostra-se sensível a temperaturas abaixo de 18°C. As plantas adultas apesar de suportarem melhor as baixas temperaturas por curto período poderão ter sua produção afetada se essas coincidirem com o período de floração e frutificação. O ideal é que a temperatura fique situada entre 23°C a 34°C e regular de 34°C a 37°C. Quanto à umidade atmosférica relativa, esta permite definir as condições ambientais mais favoráveis à cultura e a possibilidade maior ou menor de incidência de doenças a umidade relativa ideal seria uma média anual em torno de 85% (LIMA; OLIVEIRA; AQUINO, 1999).

Entre os clones disponibilizados pela Embrapa Agroindústria Tropical para os produtores, estão os que oferecem alternativas para a exploração da castanha e o caju como fruta de mesa, em cultivo irrigado e de sequeiro. Os clones oferecidos como alternativas são: CCP 09, CCP 76, Embrapa 51, BRS 226, BRS 265 e BRS 189 (EMBRAPA, 2009).

Como parâmetros de seleção no cajueiro, além da produção de castanha, em cultivo de sequeiro e irrigado, devem ser considerados, também o porte baixo da planta que facilita a colheita manual; pedúnculo com características de coloração, sabor, textura, maior período de conservação, consistência da polpa e teor de tanino adequado as preferências do consumidor; castanhas com amêndoas superior a 2,24 g; facilidade de despeliculagem; coloração dentro dos padrões internacionais; e amêndoas resistentes à formação de “bandas” (BARROS *et al.*, 2000, p 219).

A colheita do caju tem início dois a três meses após o florescimento, sendo totalmente manual. Os melhores indicadores do ponto de colheita do pedúnculo são a coloração, a firmeza e a composição. Na prática, contudo, a colheita é realizada quando o pedúnculo está completamente desenvolvido, ou seja, com o tamanho máximo, textura firme e com a coloração característica do clone. A colheita deve ser feita nas horas de temperatura mais amenas (CAJUCUTURA, 2009). No Brasil, iniciaram-se trabalhos com melhoramento genético do cajueiro em 1956, com a introdução de plantas no campo experimental da Embrapa em Pacajus, seguido de seleção fenotípica individual com controle anual da produção, clonagem e avaliação clonal. A partir dessa metodologia, surgiu o lançamento de novos clones comerciais: CCP 06, CCP 76 em 1983 e CCP 09, CCP 1001 em 1987 (ALMEIDA *et al.* 1993). Mais tarde em 2000 lançaram os clones Embrapa 51 e BRS 189 e em 2002 o BRS 226 (PAIVA *et al.*, 2002).

O clone BRS 189 foi originado da seleção fenotípica individual dentro de progênies obtidas do cruzamento entre os clones de cajueiro- anão precoce CCP 1001 e CCP 76, seguida de avaliação clonal dos genótipos selecionados, no campo experimental da Embrapa em Pacajus, CE. Foi lançado para o plantio comercial em cultivo irrigado, no Estado do Ceará, no ano de 2000 (PAIVA; BARROS, 2004). O clone apresenta-se com as características de plantas de porte baixo, altura média de 3,16 m no terceiro ano de idade em cultivo irrigado, diâmetro médio da copa de 5,9 m. No espaçamento de 8,0 m x 6,0 m, em sistema de plantio retangular com 208 plantas/ha, ou 7,0 m x 7,0 m em sistema de plantio em quadrado, com 204 plantas/ha. O peso da castanha é 7,9 g, enquanto que o peso da amêndoa é 2,1 g e a relação amêndoa casca é em cerca de 26,6 % (BARROS *et al.*, 2002). De acordo com Paiva e Barros (2004), o pedúnculo proveniente do clone BRS 189, possui peso médio de 155,4 g e produtividade anual de 12.738 kg ha⁻¹, que esta estabilizada no terceiro ano de cultivo em regime irrigado. O pedúnculo apresenta coloração vermelho-clara, formato piriforme, sólidos solúveis totais de 13,3 °Brix, acidez total titulável (ATT) de 0,40 %, conteúdo de vitamina C de 251,86 mg 100 g⁻¹ de polpa e teor de tanino oligomérico de 0,30%. No geral os teores de tanino observados estão abaixo do verificado na literatura.

2.2 Importância sócio-econômica do cajueiro

A produção mundial de castanha, segundo a FAO (2006), é de cerca de 3,1 milhões de toneladas por ano. Os principais países produtores são o Vietnã (941.600 t), Nigéria (636.000 t), Índia (573.000 t), Brasil (236.140 t) e Indonésia (122.000 t).

A área cultivada com cajueiro no mundo é de 33.900 km². Juntos, esses países respondem por mais de 90% de todas as exportações mundiais de amêndoa de castanha de caju (CAJUCULTURA, 2009).

O Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em virtude de sua importância sócio-econômica no setor produtivo está disseminado em quase todo o território brasileiro. Como decorrência foi inevitável a expansão desordenada do seu cultivo, em quase todos os ecossistemas, muitos dos quais com características ambientais diferentes das existentes na região de origem dessa espécie (OLIVEIRA; AQUINO; LIMA, 2000).

A condição propícia da região Nordeste do Brasil, permitiu a expansão da cultura do cajueiro, principalmente nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Na segunda metade da década de 1960, essa expansão deveu-se principalmente, às condições climáticas favoráveis, ao baixo preço das terras, à maior concentração de indústrias de beneficiamento de castanha e pedúnculo e ao grande incentivo proporcionado pelo governo federal, através da Sudene (PESSOA *et al.*, 1995).

No Brasil, a produção de amêndoas da castanha de caju destina-se, tradicionalmente, ao mercado externo. Em 2007, foram exportadas 59.000 toneladas de amêndoas, equivalentes a US\$ 225 milhões de dólares, valor expressivo em relação ao total de divisas arrecadadas com produtos agrícolas no Nordeste brasileiro (CARVALHO, 2009).

A castanha de caju compõe uma cadeia de negócios concentrada nos estados do Nordeste, com 195 mil produtores estabelecidos em uma área de 680 mil hectares, que corresponde a quatro vezes e meia a área do município de São Paulo, 22 mini-fábricas ativas e 11 grandes unidades de processamento compondo um parque industrial de 270 mil toneladas/ano de capacidade instalada (DAI, 2006).

A importância social do caju no Brasil traduz-se pelo número de empregos diretos que gera, dos quais 35 mil no campo e 15 mil na indústria, além de 250 mil empregos indiretos nos dois segmentos. Para o Semiárido nordestino, a importância é ainda maior, pois os empregos do campo são gerados na entressafra das culturas tradicionais como milho, feijão e algodão, reduzindo, assim, o êxodo rural (EMBRAPA, 2003).

No Estado do Ceará a cajucultura tem garantido renda para mais de 300 mil pessoas, gerando divisas superiores a 135 milhões de dólares anuais. A importância do setor pode ser ressaltada também pelo processo de geração de negócios que envolvem produtores, comerciantes, intermediários, armazenistas, atacadistas, indústrias e operários (FNP, 1998).

Além do aspecto econômico, na geração de divisas, os produtos derivados do cajueiro apresentam elevada importância alimentar. O caju contém cerca de 156 mg a 387 mg de vitamina C, 14,70 mg de cálcio, 32,55 mg de fósforo e 0,575 mg de ferro por 100ml de suco. Entretanto, por razões diversas, esses produtos não vêm sendo intensivamente utilizados para fins alimentícios, principalmente no Nordeste, onde existe alta carência de vitaminas e proteínas na população (EMPREGO..., 2008).

Apesar da importância sócio-econômica do cajueiro, observa-se que na maioria dos plantios com cajueiro tipo comum, não tem sido adotada uma tecnologia agrônômica orientadora mínima, resultando produtividades médias de 220 kg ha⁻¹ (BARROS *et al.* 1993).

O pedúnculo ou falso fruto representa cerca de 90% do peso do fruto total, até meados dos anos 90, seu aproveitamento não passava de 5% da produção, no entanto, hoje, o pedúnculo vem se tornando, aos poucos, importante segmento da agroindústria do caju, apontando para as conquistas de novos mercados com 30 subprodutos (PAIVA; BARROS, 2004).

O consumo do pedúnculo como fruta de mesa vem aumentando consideravelmente a cada safra, tanto pela abertura de novos mercados, como pela consolidação dos mercados tradicionais. Isto ocorreu devido principalmente aos novos plantios feitos com cajueiro anão precoce que por apresentarem planta com porte baixo permitem a colheita manual, com maior aproveitamento e redução de perdas. Antes, o pedúnculo só era vendido exclusivamente próximo as áreas de produção, porém, hoje alcançam supermercados em outras partes do país, distantes mais de 4.000 km do local da origem, podendo ser comercializados por até quinze dias após a colheita (FILGUEIRAS *et al.*, 1997), devido ao desenvolvimento de técnicas adequadas de manuseio e conservação pós-colheita (MENEZES, 1992; MENEZES; ALVES, 1995).

2.3 Necessidades hídricas da cultura

Estima-se que as retiradas totais de água tenham aumentado mais de trinta e cinco vezes durante os últimos três séculos. Os níveis atuais de uso de água doce não poderão ser mantidos se a população humana atingir 10 bilhões em 2050. Da água doce existente no mundo são utilizados 73% na agricultura, 21% na indústria e 6% como água potável. A água utilizada na agricultura é grandemente desperdiçada, pois quase 60% de seu volume total se perde antes de atingir a planta (ANTUNES, 1999).

Considerando que a planta é um notável usuário de água, a melhoria na eficiência de uso é uma importante preocupação para o futuro da sustentabilidade hídrica. O objetivo da gestão dos recursos é a otimização do uso da água, ao longo da bacia hidrográfica, para que todos os usuários tenham acesso à água, incluindo além dos usuários urbanos, industriais e agrícolas, a vida silvestre, pescadores de subsistência, dentre outros (FAO, 2002).

É importante conhecer a relação entre a necessidade hídrica das culturas e seus rendimentos, para se prognosticar os níveis de produção a serem obtidos quando varia dotação e utilização da água de irrigação. A evapotranspiração da cultura (ETc) poderá ser plenamente atendida mediante um suprimento adequado da água de irrigação em função dos métodos estabelecidos (DOORENBOS; KASSAN, 1994).

Alguns dos principais limites da produção agrícola na região Nordeste, especificamente no semiárido, são a escassez e a irregularidade pluviométrica (LIMA *et al.*, 1999). Assim, a utilização de práticas de irrigação é indispensável à sustentabilidade do setor primário, pois reduz os riscos do investimento agrícola, garantindo assim boas produtividades, sem que haja dependência das condições climáticas (BERNARDO, 1992).

De acordo com Folegatti *et al.* (1997), a falta de água às culturas em períodos críticos causam decréscimos na produção. A forma em que o déficit desenvolve-se na planta é bastante complexa, uma vez que afeta todos os aspectos de crescimento incluindo modificações anatômicas.

Alves (1999) trabalhando com clone de cajueiro CCP-06 verificou diferença estatística entre os tratamentos de lâminas de água aplicadas para as variáveis: número médio de folhas por planta, diâmetro médio do caule, e altura média das plantas. No entanto, Oliveira *et al.* (2003) avaliando a influência da irrigação e do genótipo na produção de

castanha no cajueiro anão-precoce, durante três anos, constatou que os clones não obtiveram diferença estatística em resposta a irrigação.

A característica mais importante do cajueiro é a sua capacidade de produzir sob regimes hídricos nos quais a maioria das culturas é mais afetada ou mesmo impossibilitada de se desenvolver e produzir. Esta adaptabilidade, não significa que a planta pela sua rusticidade natural, pode ser cultivada em condições de extrema adversidade. É necessária uma análise de cada situação, de forma que não sejam frustradas expectativas e evitados fracassos de programas de expansão. Em qualquer caso, é fundamental levar em consideração os requisitos agroecológicos da planta (BARROS; *et al.*, 1993).

O regime pluviométrico mais adequado para a exploração racional do cajueiro está entre 800 e 1.500 mm anuais distribuídos de cinco a sete meses, apesar da planta tolerar valores situados tanto abaixo quanto acima deste intervalo. A faixa de umidade relativa do ar mais apropriada para a cultura situa-se entre 70 e 80% (EMBRAPA, 2003). O cajueiro é uma planta de clima tropical, exige para seu desenvolvimento regime de altas temperaturas sendo a média de 27°C a mais apropriada para o cultivo. Em regiões onde se registram ventos freqüentes, com velocidade superior a 7 m s⁻¹, é aconselhável o emprego de quebra-ventos (CAJUEIRO, 2009). A tolerância ao estresse hídrico é o atributo de maior relevância na avaliação dos genótipos, em programa de melhoramentos. No caso de clones para o cultivo sob irrigação, deve-se dar ênfase a genótipos que possibilitem produtividade superior a 3,8 t/ha, obtidas atualmente com os clones disponíveis (OLIVEIRA, 2002).

A deficiência e o excesso de água no solo são os fatores mais limitantes para obtenção de altas produtividades, pois podem prejudicar a germinação, o vigor, o crescimento e o desenvolvimento das plantas (ANDRADE JÚNIOR, 1992). Em publicações mais antigas autores acreditam que para o cajueiro o mínimo de água, em época “seca” supriria a necessidade do mesmo conforme descreve Barros *et al.* (1993, p.33), “A aplicação de um mínimo de 20 L d'água por semana, por planta, será suficiente para a manutenção do pomar em condições razoáveis”. No entanto, segundo Embrapa (2003), a recomendação média de volume de água para cultivo em região de transição caatinga e cerrado é de 350,5 L de água/planta em um turno de rega de cinco dias.

O cajueiro responde significativamente à irrigação podendo alcançar produtividades de até 4600 kg de castanha por hectare, no quarto ano de produção com um incremento de 1,153 % em relação ao cajueiro comum sob sequeiro, e ter o período de colheita ampliado para dez meses (OLIVEIRA *et al.*, 1997). Segundo Ribeiro *et al.* (2006), o cajueiro anão-precoce quando irrigado apresenta maior altura de planta, envergadura da copa

e diâmetro do caule, em relação aos mesmos parâmetros do cajueiro anão-precoce cultivado no sistema de sequeiro.

A maioria das áreas cultivadas com o cajueiro existente no Brasil foi implantada sob regime de sequeiro, com base na premissa de que a planta pode ser cultivada sob extrema adversidade hídrica. Com a introdução do cajueiro anão precoce, o sistema de produção baseado no emprego de clones melhorados, cultivos adensados, aplicação de fertilizantes e controle fitossanitário tem evoluído significativamente (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

O método de irrigação mais recomendável para o cajueiro anão é o sistema por microirrigação (irrigação localizada), em função de suas vantagens.

[...] economia de água (maior eficiência de irrigação e redução de perdas de água por evaporação), economia de energia (trabalha com vazões e pressões menores), possibilidade de aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação), redução da ocorrência de plantas daninhas [...]. (CRISÓSTOMO *et al.*, 2001, p.11).

No entanto de acordo com Benami e Ofen (1993) para que uma atividade agrícola irrigada por um sistema localizado funcione de modo racional, dois aspectos devem ser levados em consideração: o retorno econômico da cultura irrigada e os custos de instalação, manutenção e operação do sistema.

Em razão do cajueiro anão-precoce possuir um menor porte, recomenda-se a utilização de microaspersores com vazão de 30 a 100 L por hora, que apresentem um diâmetro molhado de 4 a 6 m. Se o microaspersor permitir, é recomendável a redução do diâmetro molhado para 1 a 2 m durante o primeiro ano de cultivo, face ao menor porte da planta (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

De acordo com Rego *et al.* (2004), o déficit hídrico provoca o fechamento dos estômatos, diminuindo a assimilação de CO₂ e conseqüentemente, diminuindo as atividades fisiológicas das plantas, principalmente a divisão e o crescimento das células ocasionado no período da fase inicial de crescimento vegetativo. Por outro lado, o excesso hídrico tem como principal conseqüência, a diminuição da concentração de oxigênio, o que dificulta a respiração radicular e acarreta outros problemas, como: parada do processo ativo de absorção de nutrientes (o qual depende da respiração) e ocorrência de respiração anaeróbia pela planta e pelos microrganismos do solo, causando acúmulo de substâncias tóxicas como metano, etileno e gás sulfídrico.

2.4 Necessidades nutricionais do cajueiro

Apesar da importância econômica para o Nordeste brasileiro e do interesse no cultivo evidenciado pelo constante crescimento da área ocupada, o rendimento da cajucultura vem reduzindo-se consideravelmente (PARENTE *et al.*, 1991). Segundo técnicos e produtores, este declínio pode ser atribuído à baixa fertilidade dos solos, ao baixo potencial genético e à irregularidade ou escassez das chuvas (RAMOS, 1991).

A adubação é uma das principais tecnologias usadas para incrementar a produtividade e rentabilidade de uma lavoura. O uso de fertilizantes com a finalidade de corrigir deficiências, bem como manter o balanceamento de nutrientes presentes no solo deve ser ditado não apenas pela disponibilidade de elementos no solo e exigências da cultura, mas também pelo nível tecnológico empregado e a rentabilidade da atividade (TÁVORA, 1982).

Em solos bem adubados, as culturas são, relativamente, menos propensas aos efeitos das secas devido ao bom desenvolvimento do seu sistema radicular. A irrigação impõe uma maior necessidade de nutrientes e os solos bem adubados, produzem rendimentos muito maiores por unidade de água de irrigação que solos mal adubados, desde que os fertilizantes estejam no mesmo nível em que as plantas extraem a água do solo (DOORENBOS; PRUITT, 1977).

Em cultivo de sequeiro, utiliza-se a mesma recomendação de adubação que é indicada para a cultura irrigada, embora em condições de sequeiro a máxima produtividade esperada seja de 1.200 kg ha⁻¹. Na forma convencional os adubos poderão ser aplicados em faixa circular de 40 a 50 cm de largura ao redor de cada planta no terço externo da projeção da copa. Em grandes pomares, para reduzir os custos operacionais, podem-se aplicar os fertilizantes em faixa contínua em um ou dois lados da linha de plantio com 1,0 a 1,5 m de largura, também no terço externo de projeção da copa (EMBRAPA, 2003).

Segundo Ceinfo (2009), os estudos indicam que 80% das raízes absorventes do cajueiro, em plantas adultas, concentram-se nos primeiros 30 cm de superfície do solo. Sendo que, 72% dessas raízes encontram-se a uma distância radial de 2 m da planta. Em função disso, a aplicação de fertilizantes nas camadas mais superficiais do solo e num raio de 2 m do caule da planta pode proporcionar melhor aproveitamento dos nutrientes empregados, em virtude da maior concentração de raízes ativas nessa área.

Segundo Lima *et al.* (2001), os trabalhos relacionados a adubação de cajueiro, limita-se principalmente, a adubação mineral de plantas adultas e melhoramento genético, necessitando de trabalhos em que determine doses adequadas relacionadas a produtividade.

A cultura do cajueiro necessita de razoável fertilização mineral para chegar a uma produtividade satisfatória, não só porque as quantidades de nutrientes extraídas pelos frutos são elevadas, mas também porque os solos na maioria das regiões produtoras, normalmente, apresentam baixa fertilidade natural. O suprimento de nutrientes por meio de adubos químicos é o meio mais eficiente de compensar as deficiências minerais dos solos, uma vez que esses adubos têm concentrações mais elevadas e são mais facilmente trocáveis (OLIVEIRA; AQUINO; LIMA, 2000). O cajueiro pode ser cultivado em qualquer classe de solo, preferencialmente, são utilizados solos com textura arenosa ou franco-arenosa, relevo plano ou suave ondulado, não sujeito a encharcamento, sem camadas impermeáveis e de profundidade nunca inferior a 1,5 m (OLIVEIRA, 2002).

Menêses Júnior *et al.* (1993) constataram em experimento a importância da adubação com P e K nos estádios de desenvolvimento das plantas de cajueiro. A adubação fosfatada leva em conta a determinação de fósforo no solo pelo método da resina, que é um processo que simula a ação das raízes e assim, é mais eficiente na avaliação da disponibilidade do nutriente no solo (RAIJ *et al.*, 1996). Grundon (1999) trabalhando por três anos sucessivos, com plantas de quatro anos, relatou aumentos substanciais sobre a produção de castanha, com aplicação até 288 g planta⁻¹ ano⁻¹ de fósforo. Ghosh e Bose (1986), também em experimentos com N, P e K isolados ou em combinações constataram que os maiores rendimentos de castanha foram obtidos com combinações de 200, 75 e 100 g planta⁻¹ de N, P e K respectivamente. Posteriormente Ghosh (1990) relatou que o máximo de produção de castanha era obtido com a combinação de 600, 400 e 300 g planta⁻¹ de N, P e K.

Estudo sobre a marcha de absorção de macronutrientes em mudas de cajueiro anão precoce (clone CCP 76), verificou que os cotilédones contêm expressivas reservas de N (54,82%, P (44,90%), S (36,19%), K (17,05) e Mg (16,37%), em relação às quantidades máximas desses elementos extraídos pela planta. Assim, verifica-se que a demanda nutricional das mudas no estágio inicial é suprida pelos cotilédones e sistema radicular, com exceção do cálcio, que de acordo com o estudo, não é transportado pelos cotilédones. Aos 45 dias, aproximadamente, ocorre a exaustão dos cotilédones, induzindo a um maior desenvolvimento do sistema radicular (OLIVEIRA; AQUINO; LIMA, 2000).

2.5 Importância da adubação potássica

Geralmente, os solos da região dos Cerrados são bastante intemperizados e a reserva de potássio não é suficiente para suprir a quantidade extraída pelas culturas, por longos períodos de tempo, sendo necessária a restituição da quantidade exportada do nutriente, via adubação (TANAKA *et al.*, 1993). A utilização de solos de baixa fertilidade, bem como o fato de não se manter níveis adequados de nutrientes no solo para o desenvolvimento das culturas, são os principais fatores responsáveis pelo baixo rendimento das culturas (BORGES *et al.*, 1995).

Segundo Mengel e Kirkby (1987 *apud* COSTA *et al.* 2006), o potássio é um elemento essencial para todos os organismos vivos, sendo o cátion mais importante nos processos fisiológicos das plantas, não somente pela sua concentração nos tecidos vegetais, mas também pelas suas funções bioquímicas. A exigência de K para o ótimo crescimento das plantas varia entre 20 e 50 g para cada kg de massa seca do vegetal. Este nutriente presente nas plantas na forma de K_2O é altamente móvel. Tem ação fundamental no metabolismo vegetal, pelo papel que exerce na fotossíntese, atuando no processo de transformação da energia luminosa em energia química, sendo um nutriente mineral retirado em grande quantidade pelas plantas. O potássio, também se mostra importante na eficiência do uso de água, devido ao controle de abertura e fechamento dos estômatos onde há uma maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para o restante da planta, maior eficiência enzimática e melhoria da qualidade comercial da planta (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Silveira e Malavolta (2006) acreditam que um suprimento inadequado de potássio acarreta a abertura irregular dos estômatos, podendo prejudicar a assimilação de CO_2 e, portanto, a fotossíntese. Por outro lado, a aplicação de dosagens de potássio maiores que as usuais pode provocar um efeito salino no solo e um desequilíbrio catiônico no complexo de trocas, afetando, sobretudo a absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} , proporcionando assim, efeitos depressivos sobre a produção das plantas (AQUINO, 2003). Além disso, esse excesso tende a induzir alterações no peso do fruto e conseqüentemente na produtividade (SILVA; MAROUELLI, 2002).

De acordo com Granjeiro e Cecílio Filho (2004), o estudo sobre fontes de potássio na cultura do cajueiro, deve ser mais explorado embora o KCl seja o fertilizante mais utilizado, devido ao seu menor preço e maior disponibilidade no mercado. Alguns cuidados devem ser tomados antes de sua utilização, tais como, o elevado índice salino que pode

prejudicar a germinação, o sistema radicular e conseqüentemente o desenvolvimento da planta; o aumento do risco de salinização do solo e a possibilidade de haver fitotoxicidade ao cloro. Por isso, fontes como nitrato e sulfato de potássio seriam mais indicados, pois além de conterem outros nutrientes como N e S, apresentam menores índices salinos e reduzem os riscos de salinização e efeito deletério às culturas.

Em experimentos realizados em mudas de cajueiro Batista *et al.* (2008) concluíram que a utilização do sulfato de potássio no substrato para produção de porta-enxertos de cajueiro proporcionou efeitos positivos com doses máximas de 8 kg/m³ de sulfato de potássio, exceto para o comprimento do sistema radicular, no qual obteve efeitos negativos.

O potássio tem papel fundamental na translocação de assimilados das folhas para as diversas partes da planta, principalmente, para os frutos. Portanto sua deficiência provoca atraso na floração, redução no tamanho dos frutos e na área foliar, afetando conseqüentemente, a fotossíntese e o conteúdo de sólidos solúveis dos frutos (RUGGIERO *et al.*, 1996). A importância do potássio para as plantas é devido às suas diversas funções, participando de processos osmóticos, da síntese de proteínas, da abertura e fechamento de estômatos, da permeabilidade da membrana, do controle do pH e da ativação de cerca de 60 sistemas enzimáticos (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

A demanda de potássio pelas plantas é elevada, podendo variar de 1% a 6% (10 a 60 g kg⁻¹) da matéria seca de folhas, frutos e tubérculos. Quando sua disponibilidade é baixa, o crescimento da planta é retardado e a retranslocação líquida ou a remobilização de K das folhas maduras e caule é aumentada. Sob deficiência severa, esses órgãos tornam-se cloróticos e necróticos, dependendo da intensidade da luz a que as folhas são expostas (MARSCHNER; CAKMAK, 1989).

Aspecto que merece destaque na interpretação da disponibilidade de potássio dos solos é a relação deste com os demais cátions trocáveis, principalmente Ca e Mg, já que a relação entre K, Ca e Mg afeta os teores do primeiro na solução do solo, pois quanto maiores os teores de Ca e Mg no solo, menor é a disponibilidade de K (RAIJ, 1982). O excesso de potássio pode inibir a absorção de Ca⁺² e Mg⁺², chegando muitas vezes a causar a deficiência desses dois nutrientes. Esse excesso tende a induzir alterações no peso do fruto e, conseqüentemente, efeitos depressivos na produtividade (SILVA; MAROULLI, 2002).

2.6 Análise econômica e função de resposta

A função de produção é uma relação física entre produto e fatores de produção que mostra a quantidade física máxima de produto produzido, a partir de dado conjunto de insumos, para dada tecnologia existente, por unidade de tempo, ou seja, descreve de forma gráfica ou estatística, os produtos que deverão ser obtidos da combinação de diferentes quantidades de insumos (SILVA, 2000). Para a obtenção de uma função de produção deve-se realizar uma análise de regressão entre uma ou mais variáveis independentes e uma variável dependente, segundo um modelo estatístico que possa representar esta relação.

De acordo com Aguiar (2005) a função de produção baseia-se na teoria de que o rendimento dos cultivos é afetado pelas variações do regime de umidade do solo, durante seu desenvolvimento. Desta forma, as funções de produção são desenvolvidas a partir de dados experimentais e são utilizadas na determinação de quando e quanto irrigar.

Conforme Bernardo *et al.* (2005) na agricultura irrigada, o fator água deve ser otimizado, permitindo também uma melhor utilização dos demais fatores de produção e, por conseqüência, obter-se maiores produtividades com uma melhor aplicação dos demais insumos. Segundo Frizzone e Andrade Júnior (2005, p. 283) “vários fatores referentes ao solo, planta e atmosfera interagem entre si, determinando a produtividade da cultura, havendo uma relação funcional entre esses fatores e a produção da cultura.”

Na exploração da atividade agrícola o produtor rural pode decidir sobre a escolha da tecnologia a ser utilizada no processo de produção, a qual é determinada pelos fatores, e pela escolha de insumos utilizados e suas respectivas quantidades. (AGUIAR 2005). A otimização no manejo da irrigação requer um conhecimento das funções de produção e do consumo de água, mediante as quais o rendimento (Y) se relaciona com alguma medida do uso da água (W), por parte do cultivo (MARTIN; VALERO, 1993).

Frizzone (1993) destaca duas estratégias ótimas de irrigação baseadas na análise econômica de funções de produção: a) a disponibilidade de terra como único fator limitante da produção e neste caso, a água pode ser adquirida e aplicada a um custo unitário constante; a regra de otimização agroeconômica preconiza que a lâmina aplicada deva maximizar a receita líquida por unidade de área; b) a disponibilidade de água como único fator que limita a produção.

Nas regiões áridas e semiáridas, a limitação da água deve ser particularmente considerada no planejamento da irrigação, uma vez que é necessário a otimização dos

recursos hídricos disponíveis visando à maximização da receita líquida por unidade de volume de água aplicada. Quando a água constitui fator limitante à produção agrícola, a utilização de irrigação com déficit permite maior retorno econômico do que a irrigação completa (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2001).

Para tal, o conhecimento das funções de produção ou superfície de resposta são os instrumentos ideais de análise, haja vista que permitem determinar as interações entre fatores e escolher as soluções mais condizentes com a realidade local para o manejo racional da irrigação em bases técnica e econômica (MARTINS, 1998).

Segundo Frizzone e Andrade Júnior (2005, p. 285), “pode-se expressar as variáveis da função de produção água cultura de diferentes maneiras. A variável independente “água” pode ser transpiração, evapotranspiração, lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura, estado da água no solo, etc.”.

Barros (1999), em estudo realizado no Vale do Curu, Ceará, estimou uma função de produção do melão em níveis de água e doses de nitrogênio, verificou que o melhor modelo que representou a variação do rendimento da cultura foi o modelo polinomial de segundo grau sem interação entre os fatores. No entanto Mousinho (2002) analisando a cultura da melancia em Fortaleza Ceará, utilizando irrigação por gotejamento, obteve uma função de resposta da cultura à aplicação de níveis de água e nitrogênio com comportamento quadrático da produtividade em relação à interação dos fatores estudados.

Salomon (1985) sugere que a função de produção entre água e produção seja dividida em duas zonas, a que apresenta déficit hídrico, referente a área que abrange desde a ausência de água até a quantidade de água que permite a obtenção da máxima produção física, e zona de excesso que representa toda área a partir do final da zona I.

Segundo Hexem e Heady (1978), os modelos estatísticos que descrevem uma função de produção mais comumente utilizada na análise econômica das pesquisas são: polinomial, raiz quadrada, mitscherlich e potencial. As funções de produção são necessárias para prever, sob condições dadas do clima, cultivo e operação de projetos, as produtividades físicas marginais da água a serem utilizadas nas análises econômicas (HOWELL *et al.*, 1992 *apud* FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR 2005).

A função de produção permite a descrição do êxito esperado em uma produção agrícola, como descreve Frizzone e Andrade Júnior (2005 p.283),

[...] a agricultura irrigada depende, portanto, de muitos outros fatores complementares, dentre os quais podem ser reconhecidos de imediato: fertilizantes, defensivos herbicidas, sementes de bom potencial genético, maquinaria e implementos agrícolas adequados e oportunamente disponíveis, facilidade de crédito e comercialização dos produtos, disponibilidade de mão de obra durante todo o ciclo

da cultura, pesquisa aplicada, assistência técnica contínua e permanente, educação ambiental, capacitação e organização dos agricultores.”

A água e os nutrientes, dentre os fatores complementares de produção, são os que com maior frequência restringem os rendimentos. Sendo assim, o domínio da água como da fertilidade do solo estabelecem o critério principal para o êxito da agricultura. A utilização das funções de resposta permite descobrir soluções viáveis na otimização destes fatores na agricultura (FRIZZONE; PEREIRA, 1987).

2.7 Maximização da Produção

De acordo com Silva (2000) o objetivo econômico de uma empresa é a maximização do lucro (L) ou receita líquida. Na determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro, o uso da análise marginal é o mais apropriado. Essa análise é utilizada para comparar o custo do insumo com a receita do produto.

Segundo Aguiar (2005) o produto marginal ou produtividade marginal pode ser expresso pela quantidade que é adicionada ao produto total quando uma unidade adicional do fator variável é utilizada.

A maximização da produção sujeita a certo custo é obtida através da técnica Lagrangeana, maximização condicionada, que é realizada introduzindo um parâmetro λ chamado de multiplicador de Lagrange. A função Lagrangeana é assim construída: (SILVA, 2000).

$$L = f(X_1, X_2) + \lambda (C - X_1 P_1 - X_2 P_2)$$

em que: L é o lucro da empresa; C é o custo ou gastos da empresa; P_1 e P_2 são os preços dos fatores de produção.

Para obtenção do máximo lucro igualam-se as primeiras derivadas parciais à zero:

$$\begin{aligned}\frac{\partial L}{\partial X_1} &= \frac{\partial f}{\partial X_1} - \lambda P_{X_1} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial X_2} &= \frac{\partial f}{\partial X_2} - \lambda P_{X_2} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= C - X_1 P_1 - X_2 P_2 = 0;\end{aligned}$$

Onde se obtêm:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f}{\partial X_1} &= \lambda P_{X_1}; & \frac{\partial f}{\partial X_2} &= \lambda P_{X_2}; \\ \frac{\partial f / \partial X_1}{\partial f / \partial X_2} &= \frac{\lambda P_{X_1}}{\lambda P_{X_2}} & \frac{\partial f / \partial X_1}{\partial f / \partial X_2} &= \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}} \\ \frac{\partial f}{\partial X_1} &= PMA_{x_1}; & \frac{\partial f}{\partial X_2} &= PMA_{x_2}\end{aligned}$$

$$PMA_{x_1} / PMA_{x_2} = TMS_{x_2x_1};$$

$$TMS_{x_2x_1} = PMA_{x_1} / PMA_{x_2} = P_{x_1} / P_{x_2}.$$

Como as taxas marginais de substituição (TMS) sempre são negativas em razão da inclinação negativa da curva das isoquantas tem-se, conforme Aguiar (2005).

$$TMS_{x_1/x_2} = - \frac{PMA_{x_1}}{PMA_{x_2}} \dots\dots\dots (01)$$

Onde; TMS é a taxa marginal de substituição; PMA é o produto físico marginal.

Portanto, observa-se na figura 1 que no ponto onde a inclinação da isoquanta tangencia a reta de isocusto (B), a taxa marginal de substituição técnica de X₂ por X₁ é igual o PMA_{x1} dividido pelo PMA_{x2}, que por sua vez é igual à proporção entre o preço de X₁ e o preço de X₂.

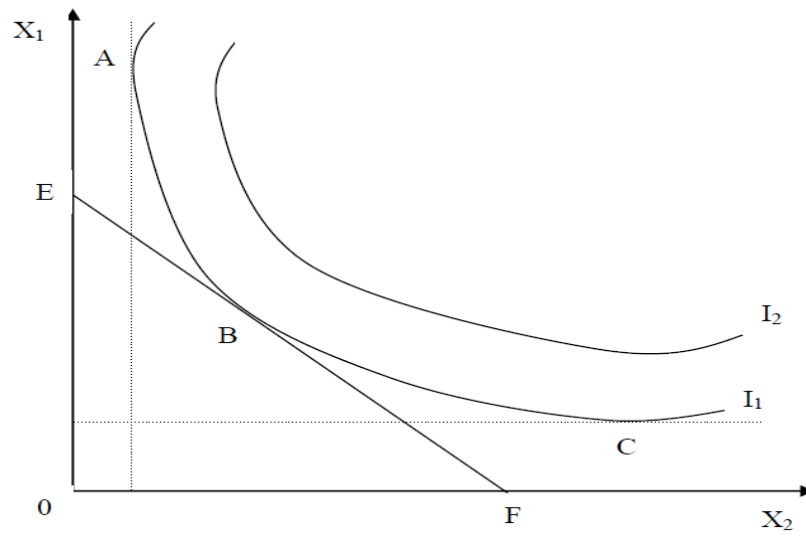


Figura 1 - Relação que expressa todas as possíveis combinações de dois insumos utilizados para produzir um mesmo nível de produto (SILVA, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área do experimento

O experimento foi realizado no período de junho de 2009 a dezembro de 2009 em uma área experimental de 56,0 m x 112,0 m (Figura 2), no Perímetro Irrigado Curu - Pentecoste, localizado no município de Pentecoste, Estado do Ceará, coordenadas geográficas: 3° 40' a 3° 51' 18" de latitude Sul e 39° 10' 19" a 39° 18' 13" de longitude Oeste e altitude de 47 m, em um Neossolo de textura arenosa.

O clima, segundo classificação de Koeppen é do tipo BSh', semiárido, existindo uma pequena temporada úmida e período seco ocorrendo no inverno, pluviosidade média anual de 860 mm, temperatura média anual de 26°C e umidade relativa média de 73,8%. As chuvas ocorrem entre fevereiro e maio.



Figura 2 - Área experimental, setor D do Perímetro Irrigado Curu- Pentecoste.

O solo da área do experimento apresenta uma textura arenosa para o perfil de 0 m a 0,90 m, relevo tipicamente plano, cujas características físico-químicas são apresentadas na

Tabela 1. O solo não apresenta problemas de salinidade, porém percentagem de sódio trocável crescente com a profundidade e pH praticamente neutro.

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo da área do experimento

Prof. (cm)	Composição granulométrica (g.kg ⁻¹)					Classe textural	Densidade do solo (kg.m ³)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	CC (%)	PMP (%)
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural						
0-30	640	300	40	20	10	Areia	1450	6,5	0,23	3,93	2,56
30-60	720	240	20	20	10	Areia	1490	7,1	0,15	2,20	1,44
60-90	780	190	10	20	10	Areia	1530	7,2	0,15	2,13	1,36

Complexo Sortivo (cmolc.L ⁻¹)								PST	M.O (mg.kg ⁻¹)	P _{asimilavel} (mg.kg ⁻¹)
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁻	K ⁺	H ⁺ +Al ⁻	Al ³⁺	S	T			
1,40	0,80	0,13	0,11	0,66	0,00	2,40	3,10	4,00	4,55	152
0,90	0,60	0,10	0,04	0,16	0,00	1,60	1,80	5,00	0,40	109
0,60	0,40	0,10	0,04	0,33	0,00	1,10	1,30	7,00	0,29	105

Fonte: Laboratório de Solo/Água UFC.

3.2 Instalação e manejo da cultura

O pomar de cajueiro foi instalado em setembro de 2005, sendo esta pesquisa realizada no quarto ano de plantio, época em que a cultura atingiu seu potencial de produção. Para o plantio utilizaram-se mudas certificadas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.), variedade BRS 189, com espaçamento de 7,0 m entre linha e 7,0 m entre plantas (Figura 3) no total de 204 plantas ha⁻¹. Durante o período de crescimento foram realizadas adubações de cobertura conforme a necessidade da cultura, irrigações diárias e tratamentos fitossanitários.



Figura 3 -Vista do pomar de cajueiro no quarto ano.

Na adubação, utilizou-se 330 g de superfosfato simples, aplicado de uma só vez no início das irrigações, 310 g de uréia fracionada em três aplicações mensais (30, 60 e 90 dias após início do experimento) aplicados juntamente com as doses de cloreto de potássio diferenciada conforme os tratamentos definidos

O controle fitossanitário foi procedido de forma curativa e preventiva através de fungicidas à base de oxiclureto de cobre, com o objetivo de controlar o mofo-preto e antracnose, doenças relativamente comuns em pomares de cajueiro nessa região.

As capinas foram realizadas manualmente, realizando o coroamento sempre que realizada as adubações, evitando a concorrência de plantas daninhas com a cultura por nutrientes e água.

3.3 Sistema e manejo de irrigação

Utilizou-se o sistema de irrigação localizado tipo microaspersão, com uma lateral por fileira de planta e um emissor por planta. O sistema foi composto por dezesseis linhas laterais de polietileno com 49,0 m de comprimento e diâmetro nominal de 16 mm. No final da

linha principal encontrava-se disposto um cavalete com quatro registros de esfera para controle das lâminas de irrigação.

Os microaspersores eram do tipo autocompensantes, com vazão de 45 L h^{-1} , a uma pressão de serviço de 250 kPa e dispostos na linha lateral no mesmo espaçamento da cultura.

No início das irrigações realizou-se um teste para determinar a uniformidade de distribuição de água utilizando-se metodologia preconizada por Keller e Karmeli (1978). No cálculo da uniformidade de distribuição de água na linha lateral utilizou-se a Equação 2.

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_n} \times 100 \quad \dots\dots\dots (02)$$

onde: $q_{25\%}$; média de 25% das menores vazões e q_n a média de todas as vazões.

O sistema de irrigação apresentou uma uniformidade de distribuição (CUD) de 90%, o mesmo foi acionado por um conjunto motor bomba elétrico trifásico, (Figura 04), com água proveniente de um poço raso tubular construído à margem do Rio Curu, há 50 m da área do experimento, cujas características químicas da água são apresentadas na Tabela 2.

Conforme classificação proposta pelos técnicos de Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, baseada na Condutividade Elétrica (CE), como indicadora do perigo de salinização do solo, e na Razão de Adsorção de Sódio (RAS), como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo, à água utilizada nesse experimento é classificada como: C_3S_1 , ou seja, possui alto risco de salinidade e não oferece risco de sodicidade, no entanto, embora a água possua alto teor de sais, a mesma não oferece risco para a salinização do solo, pois o mesmo apresenta textura arenosa, profundo e com boa drenagem natural, o que facilita a lavagem dos sais no solo. E nenhum risco para a cultura, pois de acordo com Carneiro *et al.*(2007), o cajueiro anão precoce é ‘moderadamente sensível’ a salinidade com valor de salinidade limiar da água de irrigação de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$.

Quanto ao risco de toxicidade às plantas, essa hipótese pode ser descartada, pois o sistema é do tipo localizado, irrigando sob a copa da planta.

Tabela 2 – Características químicas da água de irrigação

Cátions (mmol _c L ⁻¹)					Ânions (mmol _c L)					CE	
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ	Cl ⁻	SO ₄ ²⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Σ	(dS.m ⁻¹)	
3,5	2,8	5,7	0,1	12,1	6,0	0,4	5,8	-	12,2	1,23	
RAS	pH	Sólidos Dissolvidos (mg.L ⁻¹)					Classificação				
3,23	6,9	1230					C ₃ S ₁				

Fonte: Laboratório de Solo/Água UFC.



Figura 4 - (A) conjunto motor bomba, (B) poço tubular, (C) microaspersor, (D) manômetro e registro de gaveta

A evapotranspiração de referência foi estimada em função da evaporação diária medida no tanque classe A (Figura 05) localizado próximo ao experimento e o respectivo coeficiente do tanque (0,65). As irrigações eram realizadas diariamente, para o cálculo do tempo de irrigação (T_i) (Equação 3) foi utilizado o coeficiente da cultura (K_c) e coeficiente de redução (K_r) sugerido pela Embrapa (2003) de 0,65 e 0,60, respectivamente.

$$T_i = \frac{ECA.K_t.K_c.K_r.A_p}{q_e} \dots\dots\dots (03)$$

onde: T_i é o tempo de irrigação em h; ECA , a evaporação do tanque classe A, em mm; K_t o coeficiente do tanque; q_e , a vazão do emissor, em $L\ h^{-1}$, K_c , coeficiente da cultura; K_r , coeficiente de redução; A_p , área da planta ($49\ m^2$).

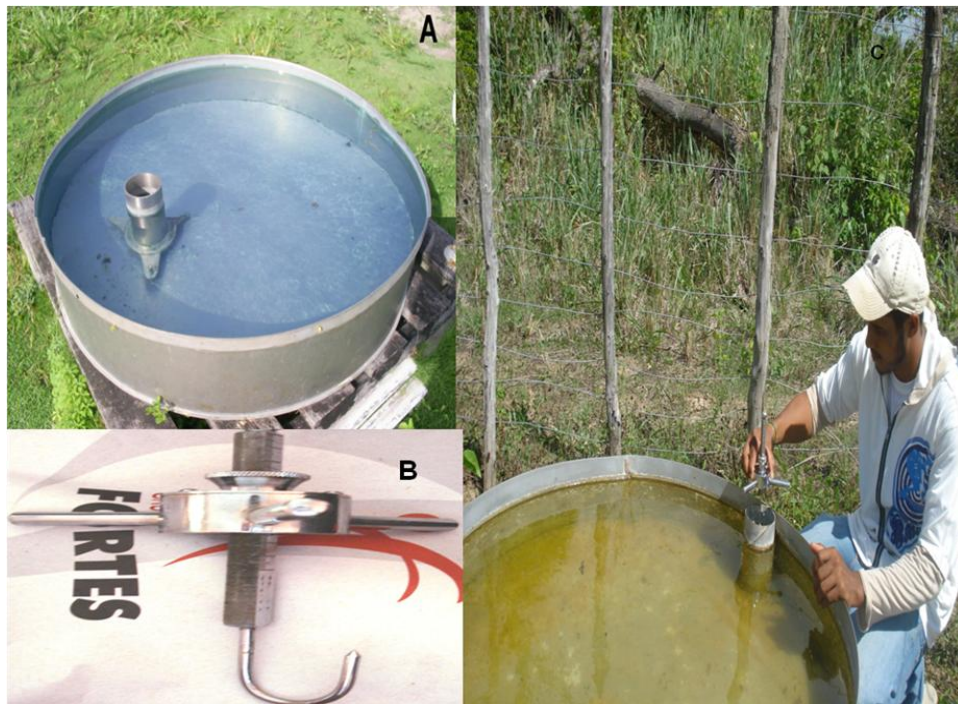


Figura 5 - Tanque classe A para medições diárias de evaporação.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos, casualizados no esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. Foi considerado oito plantas por parcela sendo duas plantas úteis por subparcela, constituindo-se em 16 parcelas com 7,0 m de largura por 49,0 m de comprimento (343 m²) e de 64 subparcelas, medindo 7,0 m de comprimento por 7,0 m de largura (49 m²).

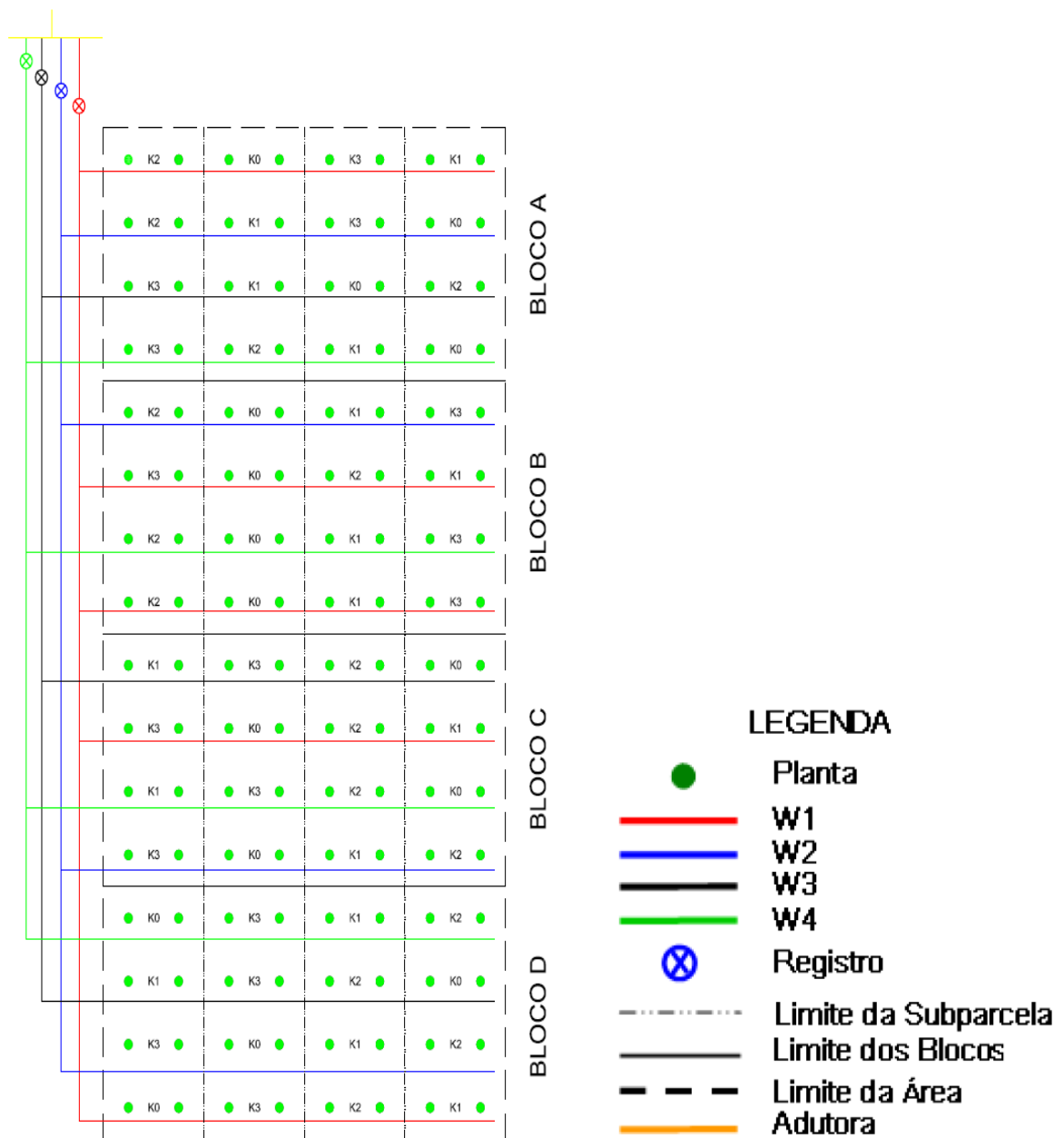


Figura 6 – Croqui do delineamento experimental da área do experimento.

Foram utilizados quatro tratamentos primários (na parcela) referentes à aplicação de quatro níveis de água 25, 50, 100 e 200% da evapotranspiração máxima da cultura. Os tratamentos primários foram controlados por meio de um registro de esfera localizado no final da linha principal em que controlava as quatro repetições de uma só vez.

Os tratamentos secundários foram dispostos nas subparcelas, aplicando-se diferentes dosagens de adubação potássica. 0, 50, 100 e 200 g planta⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, o que corresponde a 0, 83, 166 e 333 g planta⁻¹ ano⁻¹ de KCl, respectivamente.

As adubações com potássio foram realizadas de forma convencional, sendo aplicado em uma vala rasa, em forma de círculo, sob a projeção da copa (Figura 7).



Figura 7 – Aplicação de adubo sob a projeção da copa do cajueiro.

Os dados para cada variável foram submetidos a um teste de homocedasticidade com vistas à verificação da normalidade dos dados. No teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov os dados se ajustaram a uma distribuição normal. Após a verificação de normalidade os dados foram analisados pelo método da análise de variância utilizando-se o valor máximo de 5% de probabilidade pelo teste F e quando significativos realizou-se a análise de regressão para ajustar as equações com significados biológicos, tendo sido selecionado os modelos que apresentaram os melhores níveis de significância e coeficiente de determinação (R^2). Os dados foram analisados através dos softwares ASSISTAT e SANEST.

3.5 Colheita e análise de frutos

O período de floração iniciou-se logo após os primeiros dias de experimento. Com 90 dias da floração deu-se início à colheita, a qual teve a duração de três meses (28/09/09 a 10/12/2009).

Após 30 dias da última aplicação dos tratamentos secundários (28/10/09), colreto de potássio, tomaram-se frutos dos quatro pontos cardeais da copa, localizados no terço médio da planta, num total de quatro frutos representativos das subparcelas, para fins de análise dos Sólidos Solúveis Totais ($^{\circ}$ Brix), comprimento médio, peso médio e diâmetro médio do pedúnculo.

As análises dos pseudofrutos estão descritas a seguir:

a) SST ($^{\circ}$ Brix): Para determinação dos sólidos solúveis totais utilizou-se uma pipeta apropriada para coletar o suco no centro do pedúnculo. As gotas do suco foram depositadas em um refratômetro portátil para a leitura em $^{\circ}$ Brix à 20 $^{\circ}$ C. As repetições dos tratamentos foram realizadas três vezes em cada fruto, e em quatro frutos por subparcela, utilizando o valor médio dessas observações (Figura 8).



Figura 8 - Determinação dos sólidos solúveis totais (SST) com refratômetro portátil.

b) Peso médio do fruto: pesaram-se quatro frutos representativos (coletado no terço médio da copa) de cada subparcela, obtendo a média amostral. (Figura 9).



Figura 9 – Pesagem dos frutos.

c) Comprimento e diâmetro médio: para medida dessas variáveis utilizou-se um paquímetro digital, sendo as médias amostrais obtidas conforme os critérios estabelecidos nas demais variáveis. (Figura 10)

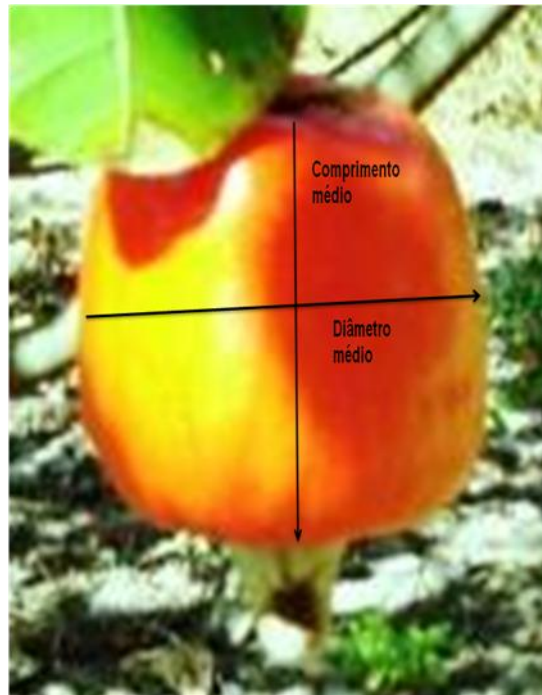


Figura 10 – Detalhe dos pontos de medição do comprimento e diâmetro médio do pedúnculo.

3.6 Função de Produção

Neste experimento os fatores de produção água (W) e potássio (K), constituíram-se nas variáveis independentes e a produtividade da cultura (Y) na variável dependente.

Para obtenção da função de produção foram testados dez modelos estatísticos que, de acordo com Aguiar (1989), mostram-se bastante satisfatórios a partir de pesquisas de campo para representar uma função de produção de uma cultura. È importante o teste de vários modelos e não somente do modelo quadrático, pois os fatores que levam a ascensão da curva a esquerda até o ponto de máximo é diferente dos fatores que causam a queda da curva após esse mesmo ponto (FRIZZONE, 2005).

Dentre estes modelos testados foi escolhido o que melhor se ajustou aos dados do experimento, tendo em vista os coeficientes de determinação r^2 e r^2 ajustado, o valor do teste f da análise de variância, os valores do teste t para todos os coeficientes e os sinais das variáveis dos modelos analisados. Os modelos estatísticos testados foram:

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2A + b_3W^{0.5} + b_4A^{0.5} + b_5W^{0.5}A^{0.5} + e_i \quad (01)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2A + b_3W^{0.5} + b_4A^{0.5} + b_5WA + e_i \quad (02)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2A + b_3W^{0.5} + b_4A^{0.5} + e_i \quad (03)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2A + b_3W^2 + b_4A^2 + b_5WA + e_i \quad (04)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2A + b_3W^2 + b_4A^2 + e_i \quad (05)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2A + b_3W^{1.5} + b_4A^{1.5} + b_5WA + e_i \quad (06)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2A + b_3W^{1.5} + b_4A^{1.5} + e_i \quad (07)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1W + b_2W^2 + b_3A^2 + e_i \quad (08)$$

$$\bar{Y} = b_1W + b_2A + b_3W^2 + b_4A^2 + b_5WA + e_i \quad (09)$$

$$\bar{Y} = b_1W + b_2A + b_3W^2 + b_4A^2 + e_i \quad (10)$$

3.7 Isoquantas ou curvas de isoprodutos

As isoquantas correspondem às curvas que ligam pontos de diferentes combinações de lâminas de água e doses de potássio, os quais apresentam uma mesma produtividade.

A partir da função de produção determinaram-se as isoquantas ou curvas de isoproducto, plotando-se os dados de lâminas de água e doses de potássio em função das produtividades previamente fixadas em um gráfico de duas dimensões.

3.8 Produto físico marginal da água e potássio

O produto físico marginal de um determinado fator representa o incremento no produto ao se adicionar uma unidade a mais do fator considerado. O mesmo é obtido através da derivada primeira da função de produção, em relação ao fator considerado, sendo representado pela equação seguinte:

$$PMg(f) = \frac{\partial Y}{\partial f} \quad (04)$$

onde: $PMg(f)$ é o produto físico marginal do fator considerado; $\frac{\partial Y}{\partial f}$ é a derivada primeira da função de produção em relação ao fator considerado.

3.9 Taxa marginal de substituição

A taxa marginal de substituição do fator nível de água pelo fator dose de potássio (TMS). Essa corresponde à quantidade do fator água que se dispõe a abandonar W/K para se utilizar uma unidade a mais do fator potássio, mantendo-se o mesmo nível de produtividade, foi obtida pela relação entre o produto físico marginal do potássio e o produto físico marginal da água, sendo representada pela equação:

$$TMS_{W/K} = -\frac{PMgK}{PMgW} \dots\dots\dots (05)$$

sendo: TMS: taxa marginal de substituição do fator água (W) pelo fator potássio (K); PMg K: produto marginal do fator potássio; PMg W, produto marginal do fator água.

De acordo com Frizzone (1986), a substituição de um fator por outro só tem vantagem econômica se a taxa marginal de substituição em valor absoluto for superior a relação inversa entre os preços dos fatores.

3.10 Custo de produção

Utilizaram-se dados de custo de manutenção do quarto ano, R\$ 2957,83 por ha (anexo I), preço do produto R\$ 0,60 kg e o preço do adubo potássico de R\$ 2,19 kg, para a realização de análise econômica financeira.

O custo da água (R\$ L⁻¹) considerou-se como igual ao valor da tarifa de energia elétrica, uma vez que os custos de aplicação estão incluídos no custo de produção conforme sugere Frizzone *et al.* (1994).

O valor da tarifa de energia elétrica é formado pela soma do custo do consumo efetivo da energia e do custo de demanda da potência elétrica. De acordo com as normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) Resolução nº456 de 29 de dezembro de 2000, só existe tarifa de demanda quando a potência instalada é superior a 75 KVA. Tendo em vista que para as condições da presente pesquisa o sistema operou com uma potência instalada bem inferior, utilizando um motor elétrico de 2cv, o custo de demanda foi nulo, sendo a tarifa de energia composta apenas pelo custo do consumo. O custo do consumo de energia elétrica foi estimado em base a equação a seguir:

$$CE = 0,7457 \cdot pot \cdot Tf \cdot Pkwh \dots\dots\dots (06)$$

sendo: CE : custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, em R\$; 0,7457 : fator de conversão de cv para kw; Pot : potência do motor, em cv; Tf : tempo de funcionamento do

sistema necessário para repor a ECA, em horas, considerando uma área irrigada de 1,0 ha;
 P_{kwh} : preço do kwh, em R\$.

O preço do kwh foi obtido junto a Coelce (Companhia Energética do Ceará) e refere-se ao valor de 1,0 kwh considerando que o sistema funcionou no horário de ponta, isto é, durante o dia. Portanto, o preço do kwh utilizado foi de R\$ 0,26.

3.11 Produtividade da água de irrigação

A produtividade da água de irrigação (PA_{IR}) foi obtida pelo quociente entre a produtividade da cultura e a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, de acordo com a equação 09:

$$PA_{IR} = \frac{Y_c}{IR} \dots\dots\dots (09)$$

Sendo: PA_{IR}: produtividade da água de irrigação, kg m⁻³; Y_c: produtividade da cultura em kg ha⁻¹ IR: volume de água aplicada na irrigação durante o ciclo da cultura em m³.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características meteorológicas do período de cultivo experimental

Os dados climáticos médios de temperatura (T), precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET_o) durante o período do experimento são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados climáticos do período do experimento

Mês	Dias	T média (°C)	Prec. (mm)	ET _o (mm mês ⁻¹)
Jul/09	15	24,5	70	50,0
Ago/09	31	25,5	20	116,4
Set/09	30	26,	01	124,3
Out/09	31	27,0	--	130,4
Nov/09	30	26,5	--	115,8

De acordo com Lima; Oliveira e Aquino (1999), o ótimo térmico para a frutificação encontra-se em torno de 27°C e o ideal para o período de floração é que a temperatura fique situada entre 23°C a 34°C.

Na Figura 11 têm-se os valores mensais de precipitação e evapotranspiração da cultura durante o período de aplicação das lâminas (julho a novembro de 2009), a evapotranspiração acumulada foi de 312,2 mm, valor este superior à precipitação do período (91 mm). A maior média mensal de precipitação ocorreu no mês de julho á qual a mesma superou a lâmina requerida pela cultura.

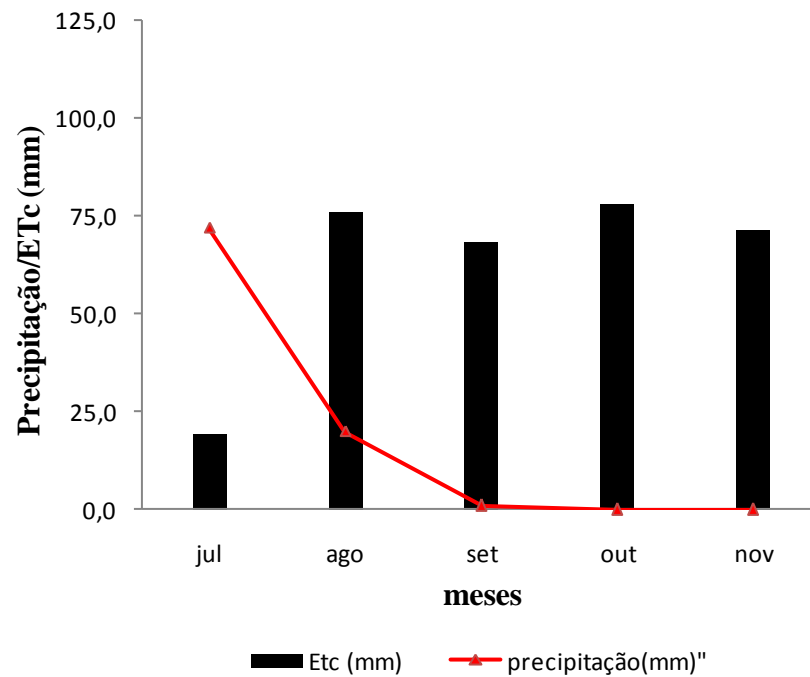


Figura 11 - Valores mensais da ETC (mm) e precipitação (mm) pra o período jul./nov. de 2009.

4.2 Análise qualitativa do pedúnculo

4.2.1 Comprimento e diâmetro médio do pedúnculo

A partir da análise de variância do comprimento e diâmetro médio do pedúnculo, observou-se que as mesmas foram influenciadas pelas doses de potássio em nível de 5% de probabilidade pelo teste F, ocorrendo o mesmo para a interação dos fatores água e adubo. Porém, o fator água não apresentou resultado significativo. Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Quadro da análise de variância para comprimento médio do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K₂O

Causa da Variação	G. L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Prob>F
Blocos	3	69,9			
Água (W)	3	5,5	1,85	0,0772	0,97 ^{ns}
Resíduo (A)	9	215,4	23,9		
Parcelas	15	290,9			
Potássio (K)	3	446,1	149,4	3,8583	0,017*
Interação	9	1253,3	139,3	3,5975	0,0031**
Resíduo (B)	36	1393,5	38,7		
Total	63	3385,8			

ns: não significativo.

*: significativo em nível de 5% de probabilidade.

** : significativo em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5 – Quadro da análise de variância para o diâmetro médio (mm) do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K₂O

Causa da Variação	G. L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Prob>F
Blocos	3	8,28			
Água (W)	3	139,5	46,5	2,4511	0,12986 ^{ns}
Resíduo (A)	9	170,7	18,1	18,965	
Parcelas	15	318,4			
Potássio (K)	3	280,5	93,5	4,1159	0,01304*
Interação	9	516,5	57,4	2,5267	0,02311*
Resíduo (B)	36	817,7	22,7		
Total	63	1933,2			

ns: não significativo.

*: significativo em nível de 5% de probabilidade.

** : significativo em nível de 1% de probabilidade.

As maiores médias do comprimento e diâmetro médio do fruto de 68,2 e 58,1 mm foram obtidas com o tratamento referente a 200 g planta⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, esses valores se aproximaram aos de Gomes *et al.*(2006) que observaram valores de comprimento médio do pedúnculo de 76,8 mm e de diâmetro médio de 57,6 mm.

O aumento no comprimento e diâmetro do pedúnculo foi causado pelas funções desempenhadas pelo potássio. Aquino (2003) afirma que o elemento tem participação importante nas reações metabólicas de diversos processos fisiológicos, dentre os quais se destaca o crescimento meristemático, o turgor celular, a abertura e o fechamento dos estômatos, a ativação enzimática, o transporte de açúcares e a fotossíntese. Além disso, segundo Montoya *et al.* (2006) plantas bem supridas em potássio têm a concentração de K elevada nos tecidos e conseqüente redução do potencial hídrico, o que leva a um maior acúmulo de água nos tecidos.

4.2.2 Peso médio do pedúnculo+castanha

No que diz respeito ao peso médio dos frutos verificou-se uma influência em nível de 1% do fator volume de água sobre essa componente de produção (Tabela 6).

No entanto, o fator potássio e a interação deste com o fator água, não apresentaram resultado significativo em nível de 5%. Os valores de probabilidade de erro, ao se afirmar que o potássio ou a interação entre os dois fatores influenciaram o incremento no peso médio do fruto foram de 8% e 17,4%, respectivamente.

Tabela 6 – Quadro da análise de variância para o peso médio (g) do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K₂O

Causa da Variação	G. L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Prob>F
Blocos	3	1333,5			
Água (W)	3	17013,6	5671,8	15,5312	0,00100**
Resíduo (A)	9	3286,3	365,1		
Parcelas	15	21633,1			
Potássio (K)	3	4858,9	1619,6	2,4357	0,07951 ^{ns}
Interação	9	9176,7	1019,6	1,5334	0,17350 ^{ns}
Resíduo (B)	36	23938,8	664,9		
Total	63	3385,8			

ns: não significativo.

*: significativo em nível de 5% de probabilidade.

** : significativo em nível de 1% de probabilidade.

O tratamento referente à aplicação de 200% da lâmina de água requerida (12.847 L) proporcionou um maior peso médio dos frutos (136,5 g). O menor peso médio (108,3 g) foi obtido com a aplicação de um volume de água de 1659 L referente a 25% da lâmina evapotranspirada. Gomes *et al.* (2006) encontraram valores superiores em pesquisa realizada no estado da Bahia, os mesmos observaram que os clones CCP 76, BRS 189 e Embrapa 51 se destacaram apresentando os maiores valores para o caráter peso do fruto, com 155,23 g; 143,12 g e 134,69 g. De acordo com Paiva e Barros (2004) o peso médio do fruto do clone BRS 189 é de 155,4 g. A regressão linear para o fator água, significativa em nível de 1%, mostrou representar bem a relação do peso médio do fruto em função do volume de água aplicado.

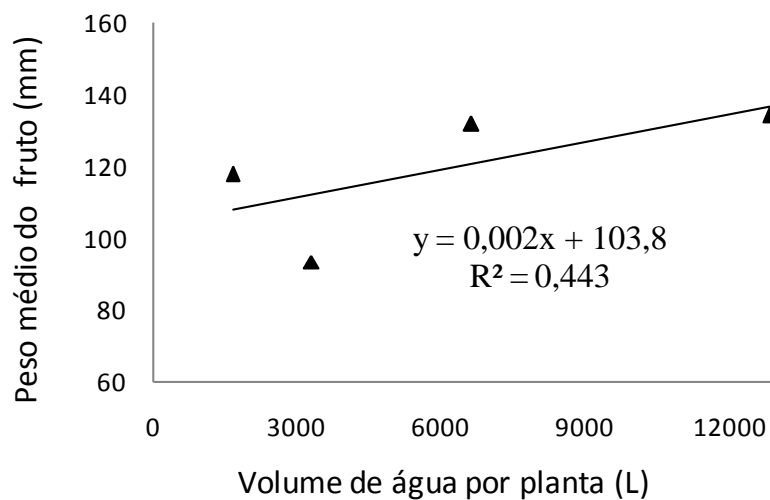


Figura12 - Efeito dos diferentes volumes de água no peso médio do fruto.

Resultados semelhantes a este trabalho foram obtidos por Ribeiro *et al.* (2006) em estudo do clone “Embrapa 50”. Os mesmos observaram que nas reposições de 50% e 100% da água evaporada do dia anterior, os pesos do caju foram de 120,5 g e 122,3 g respectivamente, enquanto no tratamento sem irrigação o peso do caju foi de 106,5 g.

4.2.3 Sólidos Solúveis Totais (°Brix) - SST

Na análise de variância apresentada na tabela 7, verifica-se que a lâmina de irrigação não influenciou significativamente o teor de SST, já com relação às doses de potássio e a interação lâmina e dose, houve efeito significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7 – Quadro da análise de variância para SST (° Brix) do pedúnculo em função do volume de água aplicado e dos níveis de K₂O

Causa da Variação	G. L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Prob>F
Blocos	3	4,5			
Lâminas (W)	3	3,2	1,04	0,867	0,505 ^{ns}
Resíduo (A)	9	10,9	1,21		
Parcelas	15	18,5			
Potássio (K)	3	5,2	1,71	2,774	0,054 [*]
Interação	9	17,4	1,89	3,068	0,007 ^{**}
Resíduo (B)	36	22,2	0,61		
Total	63	62,9			

ns: não significativo.

*: significativo em nível de 5% de probabilidade.

** : significativo em nível de 1% de probabilidade.

Os valores médios dos sólidos solúveis totais para as doses de K₂O de 0, 50, 100 e 200 g planta⁻¹ ano⁻¹ foram 12,31, 12,5, 12,5 e 12,3 respectivamente. De maneira geral todos os valores médios relatados neste trabalho para SST, se encontram próximos aos descritos por Silva Jr. e Paiva (1994), de 11,90°Brix, Damasceno Jr. e Bezerra (2002), de 11,9 e 13,0°Brix, e dentro da faixa ótima de doçura descrito por Filgueiras *et al.* (2002), como acima de 10°Brix.

4.3 Produtividade do cajueiro (pedúnculo+castanha) em função dos fatores água e potássio

O resumo da análise de variância da produtividade do cajueiro, em kg ha⁻¹ é apresentado na Tabela 8. Os incrementos dos níveis de água aplicados não proporcionaram diferença significativa em nível de 5%. O valor da probabilidade de erro ao se afirmar que a lâmina influenciou o rendimento da cultura é de 74,8%. No entanto o efeito da adubação sobre a produtividade da cultura foi muito mais pronunciado do que a influência da água. A adubação potássica e a interação entre os fatores água e adubo mostraram-se significativos em nível de 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância e dados de regressão para produtividade do cajueiro em função da água e potássio

Causa da Variação	G. L.	F	Prob>F
Blocos	3	2,41	
Vol. de água (W)	3	0,41	0,748 ^{ns}
Regressão linear	1	0,00039	0,982
Regressão quadrática	1	0,94432	0,641
Potássio	3	3,3629	0,028*
Regressão linear	1	4,33551	0,042*
Regressão quadrática	1	0,34127	0,569
Interação	9	3,5743	0,003**
CV % (A)	19,8		
CV % (B)	24,8		

ns: não significativo.

*: significativo em nível de 5% de probabilidade.

** : significativo em nível de 1% de probabilidade.

Apesar de que todas as plantas foram do clone BRS 189, o porta enxerto, por serem originados de castanha de reprodução sexuada tem genótipos diferentes, isso poderá afetar o comportamento da copa no que tange as características quantitativas haja vista que a produtividade é influenciadas pelo crescimento do sistema radicular com reflexos no rendimento (CRISÓSTOMO, 2010).

Oliveira *et al.* (2004) estudando o efeito de diferentes regimes hídricos sobre a produtividade de castanhas de cajueiro anão-precoce relatam que o efeito significativo da irrigação na produção de castanhas foi verificado a partir do quarto ano após o plantio, no entanto, a maior produção ocorreu no sétimo ano, quando a média dos tratamentos irrigados atingiu mais de 3.000 kg de castanha por hectare. Os autores relatam ainda que a análise dos dados obtidos durante sete anos consecutivos demonstraram uma tendência de aumento e diminuição da produção de castanha em anos alternados em todos os regimes hídricos avaliados, independente do clone estudado.

Os valores médios de produtividade do cajueiro em função dos tratamentos níveis de água e doses de potássio são apresentados na Tabela 9.

A máxima produtividade do cajueiro (pedúnculo+castanha), 6474,5 kg ha⁻¹, foi obtido no tratamento W₃K₃, equivalente à aplicação de um volume de água por planta de 6636 L e a uma dose de K₂O de 200 g planta⁻¹ano⁻¹, sendo está reposição correspondente a 100% da lâmina requerida pela cultura (ETc) e a uma dose de potássio superior a necessidade do nutriente da planta de acordo com a análise de solo recomendada pela Embrapa (2003) de 140 g planta⁻¹ano⁻¹. Segundo Crisóstomo *et al.* (2003) o cajueiro anão precoce, quando irrigado, pode produzir até 4.600 kg de castanha por hectare no quarto ano de produção e ter período de colheita ampliado. Ribeiro *et al.* (2006) testando diferentes reposições de água no clone CCP -09 em Teresina-PI obtiveram a maior produtividade de castanha para o tratamento de 100% da reposição de evaporação correspondendo a uma produtividade de 2.098 kg ha⁻¹.

Tabela 9 - Produtividade média (pedúnculo +castanha) do cajueiro, em kg ha⁻¹, em função do volume de água e doses de potássio

Volume de água (L)	Doses de Potássio (g planta ⁻¹ ano ⁻¹)				Médias
	K ₀ 0	K ₁ 50	K ₂ 100	K ₃ 200	
W ₁ -1659	5675,7	3437,4	4671,6	3825,0	4402,4
W ₂ - 3318	3942,3	4860,3	3766,4	4916,4	4371,3
W ₃ - 6636	4041,5	2968,2	6311,3	6474,5	4948,9
W ₄ - 12847	4144,1	4011,2	4586,6	4643,6	4346,4
Médias	4450,9	3819,3	4834,0	4964,9	4517,2

Embora não tenha havido diferença significativa na produtividade em função do volume de água aplicado, em termos absolutos nota-se que houve uma tendência de aumento

da produtividade (Figura 13) sendo o tratamento W_3 correspondente a 100 % da evapotranspiração real da cultura, o responsável pela maior média $4948,9 \text{ kg ha}^{-1}$. A regressão polinomial para o fator água, embora não significativa em nível de 5% mostrou-se representar bem as relações físicas de produtividade em função do volume de água aplicado.

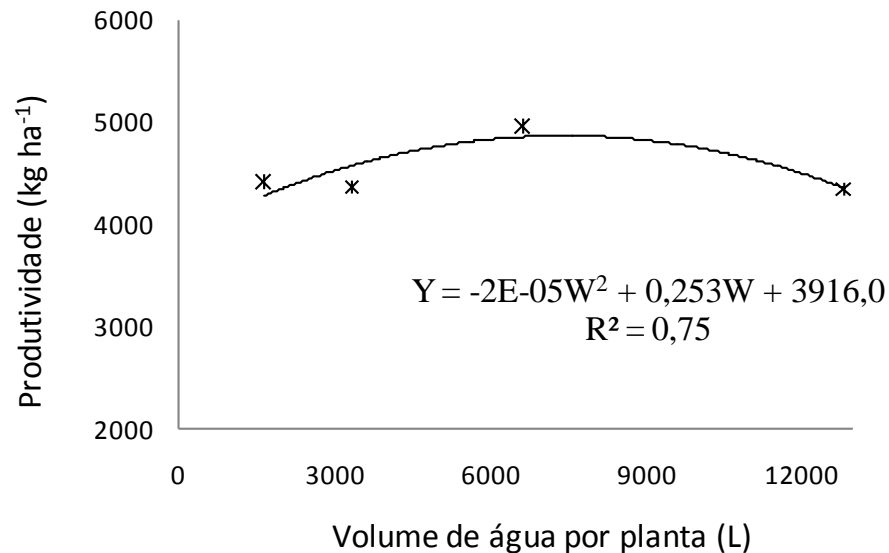


Figura 13 - Curva da produtividade média do cajueiro em função do volume de água aplicado.

O efeito das doses de potássio sobre a produtividade do cajueiro (Figura 14) pode ser explicado, conforme análise de variância e análise de regressão, por uma equação linear, com efeito significativo em nível de 4,2% e coeficiente de determinação de 0,43. Embora os tratamentos com adubação tenham sido aplicados em intervalos amplos, a dose requerida de acordo com análise do solo estava próximo ao tratamento K_3 correspondente a 200 g de K_2O por planta, demonstrando que a cultura possivelmente responderia as doses cada vez maiores de adubação potássica. Embora Vaux *et al.* (1981) *apud* Monteiro (2004) citem que a relação entre a aplicação de um fator e o rendimento das culturas possa ser representada por vários modelos estatísticos, o modelo linear tem sido adequado para representar tal relação quando pequena for a amplitude dos níveis do fator em questão.

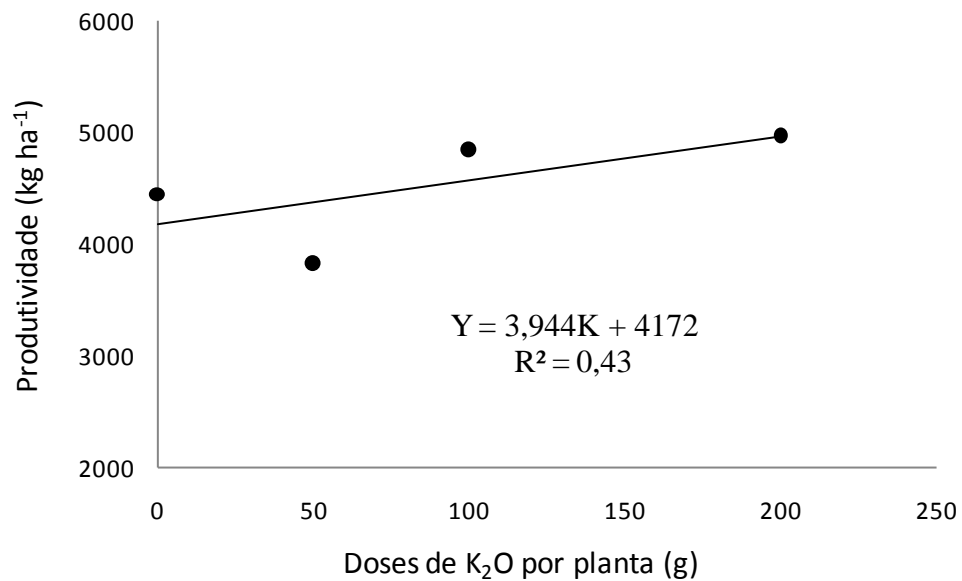


Figura 14 - Produtividade média do cajueiro em função das doses de adubo.

4.4 Dose de potássio economicamente ótima

Conforme a análise de variância e análise de regressão (Tabela 8), o efeito das doses de potássio sobre a produtividade do cajueiro foi melhor explicado pelo modelo linear, tendo em vista que apesar de obter um coeficiente de determinação inferior ao modelo quadrático, a regressão linear mostrou um nível de significância 4,2%. Por esse motivo escolheu-se o modelo linear, o que torna impraticável estimar a dose de adubo economicamente ótima, para cada volume de água aplicado.

4.5 Nível de água economicamente ótimo

Na análise da interação entre os fatores apenas as doses de 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹ de K₂O formaram uma equação polinomial do segundo grau com ponto de máxima. As equações expressas na Tabela 10 foram obtidas através dessas regressões e têm como variável independente o volume de água aplicado na campanha de irrigação, em litros, e como variável dependente a produtividade do cajueiro, em kg ha⁻¹.

Tabela 10: Equações da produtividade do cajueiro em função do volume de água aplicado, para as doses de K₂O 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹

Doses de K ₂ O (g planta ⁻¹ ano ⁻¹)	Equação	R ²
100	Y = -5E-05W ² + 0,723W + 2972,	0,43
200	Y = -7E-05W ² + 1,139W + 2064,	0,99

As equações dos produtos físicos marginais dos volumes de água aplicados para as doses de adubo 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹, foram obtidos derivando-se as equações da produtividade do cajueiro (Y) em função do volume de água aplicado (W), para cada nível do fator adubo, conforme equações 11 e 12:

$$\frac{dY}{dW} = -0,0001W + 0,723 \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{dY}{dW} = -0,00014W + 1,139 \quad \dots\dots\dots (12)$$

A partir dessas equações, obtiveram-se os produtos físicos marginais do fator de produção água aplicados para as duas maiores doses de adubo (Tabela 11). Observa-se que os produtos físicos marginais, diminuem à medida que o volume de água aumenta, sendo que esses valores tendem chegar a zero onde ocorrem à máxima produtividade. A partir daí os produtos marginais tornam-se negativos, indicando ser antieconômico o uso do maior volume de água, 12.847 L. Esse comportamento deve-se a Lei dos rendimentos decrescentes, onde estabelece que à medida que se empregam maiores quantidades de um insumo variável, enquanto que as dos demais insumos permaneçam constantes, a produção total inicialmente aumenta a taxas crescentes, depois a taxas decrescentes, atinge um máximo e finalmente decresce. A variação do produto físico marginal do volume de água aplicado no período demonstra que a produtividade do cajueiro aumenta a taxas decrescentes com o aumento desse fator até chegar ao ponto de máxima produtividade e decrescer com a contínua aplicação de água, tornando-se antieconômico.

Tabela 11: Produto físico marginal do fator água para as doses de K_2O 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹ correspondente a cada nível de água aplicado

Doses de K_2O (g planta ⁻¹ ano ⁻¹)	Volume de água (L)			
	W_1	W_2	W_3	W_4
	1659	3318	6636	12847
100	0,56	0,39	0,06	-0,56
200	0,91	0,67	0,21	-0,66

Fonte: do autor (2010).

Os valores máximos de produtividade física do cajueiro (pedúnculo+castanha) foram obtidos com o volume de água acima de 6.636 L. Para as doses de K_2O de 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹ a produtividade máxima física de 7.843 e 13.901 kg ha⁻¹ seria obtida com a aplicação de 7.230 e 8.135,7 L de água por planta respectivamente.

O volume de água ótimo do ponto de vista econômico é aquele que proporciona uma melhor receita líquida para cada dose de adubo aplicado, sendo também, aquele que satisfaz a condição de que o produto físico marginal do fator de produção água se iguale ao quociente entre o preço do fator água (P_W) e o preço do produto (P_Y). Considerando a variação dessa relação, devido ao preço instável do kg do produto foram determinados os volumes de água economicamente ótimo considerando diferentes valores de P_W/P_Y para as doses de potássio 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹.

Tabela 12: Volume de água economicamente ótimo em função da relação entre o preço da água (P_W) e o preço do caju (P_Y)

P_W/P_Y	Doses de adubo (g planta ⁻¹ ano ⁻¹)	
	100	200
0,1	6080,0	7207,1
0,2	5080,0	6492,8
0,3	4080,0	5778,6
0,4	3080,0	5064,3
0,5	2080,0	4350,0
0,7	1080,0	3635,7

Os menores níveis ótimos de água ocorreram para a dose de adubo de 100 g planta⁻¹ano⁻¹ de K₂O. A produtividade máxima ótima do ponto de vista econômico (6448,7 kg ha⁻¹) foi obtida com um volume de água por planta de 7207,1 L.

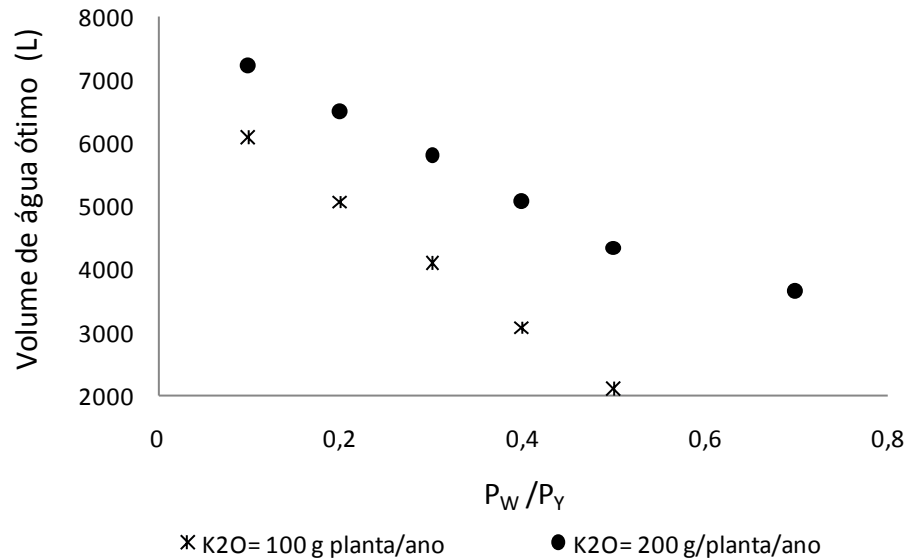


Figura 15- Níveis de água economicamente ótimos em função da relação entre o preço da água e preço do produto.

4.6 Superfície de resposta

Os modelos testados foram significativos pelo teste F, em nível de 1% de probabilidade, conforme disposto na Tabela 13. Para os parâmetros estimados verificou-se que apenas a água influenciou significativamente em níveis de 1% e 5% de probabilidade.

Entretanto o modelo que melhor se ajustou aos dados do experimento foi o modelo polinomial quadrático sem intercepto e sem interação (8), conforme equação 13.

$$Y = 1,23941W + 43,47K - 0,00008448W^2 - 0,15468K^2 \quad (13)$$

O coeficiente de determinação (R^2) de 0,89, significa que 89% da variação da produtividade do cajueiro são explicadas pela variação do volume de água e doses de potássio. O teste t mostrou probabilidade maior que t de 0,0027, 0,0673, 0,0050 e 0,1604 para

os parâmetros W , K , W^2 e K^2 , respectivamente. O teste mostra que as variáveis que indicam água (W e W^2) influenciam significativamente em níveis inferiores a 1% e as variáveis K e K^2 referente à adubação influenciam em níveis de 6,7% e 16,04%. Embora essas variáveis estejam com um nível de significância acima do recomendado pela estatística de 5% de probabilidade, as mesmas foram incorporadas ao modelo, haja vista o comportamento físico das relações fator-produto, além da coerência dos sinais das variáveis.

De acordo com o modelo estatístico escolhido a produtividade máxima física, do clone estudado seria de 7600,93 kg ha⁻¹, sendo obtido com a aplicação de potássio de 140,5 g planta⁻¹ano⁻¹ e um volume de água por planta de 7335,3 L.

A Figura 16 representa graficamente a função de produção estimada, evidenciando que ambos os fatores foram limitantes para a determinação da produtividade.

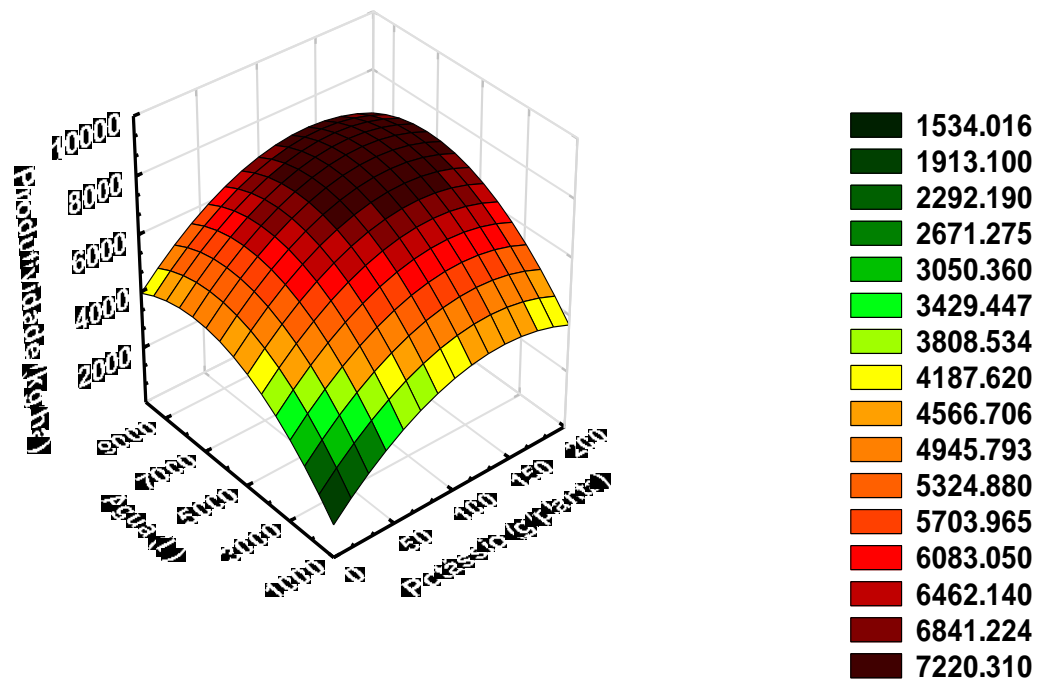


Figura 16- Superfície de resposta da produtividade do cajueiro em função do volume de água e doses de potássio.

Tabela 13-Análise de regressão múltipla da produtividade do cajueiro (Y) em função de diferentes doses de adubação (K) e volume de água (W)

Modelos	Parâmetros						R ²	F	Prob>F
	W	K	W ²	K ²	WK				
01	Parâm. Est.	1,12000	3,58034	-0,0000698	0,03655	-0,0004444	0,88	16,94	0,0001
	Prob> t	0,0021	0,8492	0,0108	0,6817	0,7063			
02	Parâm. Est.	1,14453	2,08136	-0,0000737	0,03203	-----	0,88	22,75	0,0001
	Prob> t	0,0010	0,9064	0,0029	0,7059	-----			
03	Parâm. Est.	1,20119	19,75023	-0,0000743	-0,06818	0,00013109	0,90	22,04	0,0001
	Prob> t	0,0015	0,3134	0,0084	0,4557	0,9126			
04	Parâm. Est.	1,19395	20,19240	-0,0000732	-0,06685	-----	0,90	30,02	0,0001
	Prob> t	0,0008	0,2712	0,0032	0,4400	-----			
05	Parâm. Est.	1,26544	14,57932	-0,0000623	-0,000523	-0,00141	0,85	12,39	0,0003
	Prob> t	0,0156	0,6252	0,1113	0,9970	0,4541			
06	Parâm. Est.	1,34308	9,83558	-0,0000745	-0,01481	-----	0,84	15,87	0,0001
	Prob> t	0,0082	0,7304	0,0373	0,9134				
07	Parâm. Est.	1,18602	46,73920	-0,0000760	-0,14486	-0,000967	0,90	19,83	0,0001
	Prob> t	0,0056	0,0632	0,0203	0,2018	0,5078			
08	Parâm. Est.	1,23941	43,47702	-0,0000844	-0,15468	-----	0,89	25,81	0,0001
	Prob> t	0,0027	0,0673	0,0050	0,1604	-----			
09	Parâm. Est.	1,19316	21,16227	-0,0000706	-0,04425	-0,0006716	0,92	25,37	0,0001
	Prob> t	0,0012	0,2658	0,0092	0,6136	0,5634			
10	Parâm. Est.	1,23024	18,8965	-0,0000765	-0,05108	-----	0,91	33,42	0,0001
	Prob> t	0,0005	0,2925	0,0021	0,5454	-----			

4.7 Isoquantas

As isoquantas representam várias combinações de fatores de produção que resultam nas mesmas produtividades. Os contornos delineados no gráfico de superfície de resposta (Figura 16) são as isoquantas. A Figura 17 representa as isoquantas ou curvas de isoprodutos que foram obtidas a partir da função de produção, isolando o fator água em função de diferentes produtividades e doses de adubação, previamente fixados. A diminuição da distância entre duas curvas consecutivas à medida que se aumenta a produtividade, tendo em vista que os níveis são equidistantes, indica que há um incremento na produtividade com o aumento da quantidade dos fatores W e K , sendo que este incremento aumenta a taxas cada vez menores até tornar-se igual a zero no ponto de máxima produtividade.

Observa-se que quanto maior a produtividade menor a quantidade de combinações dos fatores de produção, até o ponto que apenas uma combinação é possível, a que proporciona a maior produtividade ($7600,96 \text{ kg ha}^{-1}$). Percebe-se que o fator água pode ser substituído pelo fator potássio até certo ponto permitindo a obtenção de uma mesma produtividade, depois disso o volume de água aplicado começa a aumentar saindo da zona de produção racional. Conforme Aguiar (2005) cada ponto sobre uma isoquanta particular corresponde a um nível de tecnologia possível de ser adotada representada pela relação W/X quando uma isoquanta desloca-se para direita tem-se um aumento na quantidade produzida e vice-versa.

Ainda segundo o mesmo autor, as isoquantas se inclinam para baixo, da esquerda para direita tendo em vista o caráter da substituição técnica entre os recursos variáveis, onde o acréscimo de um fator implica a diminuição no uso de outro fator apresentando uma convexidade à origem, uma vez que os recursos não são substitutos perfeitos.

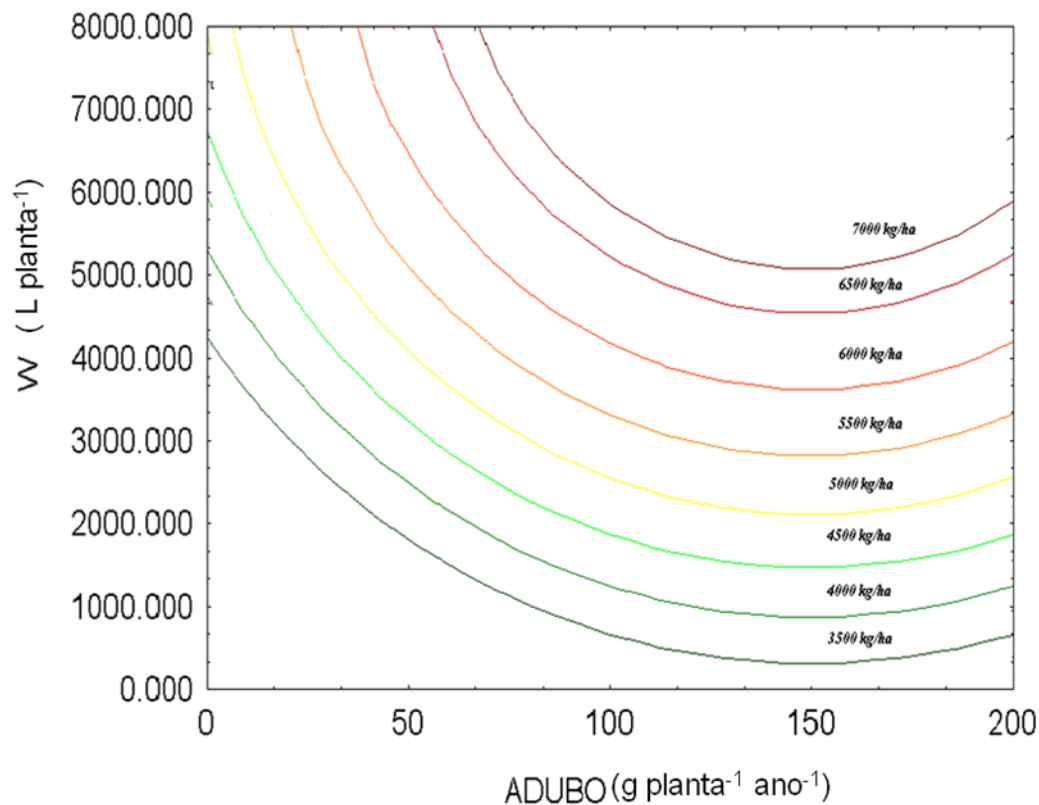


Figura 17 - Isoquantas para a produtividade do cajueiro em função do volume de água e das doses de K_2O .

4.8 Produtos físicos marginais da água e do potássio

Os produtos físicos marginais da água e do potássio para os diferentes níveis dos fatores de produção água e potássio estão dispostos na Tabela 14, sendo os mesmos obtidos através da derivada primeira da função de produção em relação à água e potássio.

Os produtos físicos marginais representam o incremento da produtividade ao se adicionar uma unidade a mais do fator considerado. Observa-se que o tratamento referente à aplicação de 1659 litros de água e $100 \text{ g planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de K_2O , a produtividade do cajueiro aumenta $0,96 \text{ kg ha}^{-1}$ para cada litro de água aplicado e $12,54 \text{ kg ha}^{-1}$ para cada g de potássio.

Os produtos físicos marginais diminuem à medida que aumenta o volume de água e as dose de potássio, diminuindo até o valor zero, onde obtém-se o valor máximo. Daí então os produtos físicos marginais tornam-se negativos evidenciando-se a queda da produtividade com a respectiva aplicação de maiores níveis de insumos.

Nesta análise o produto físico marginal da água é zero quando o volume de água aplicado é de 7335,46 L. Já o produto físico marginal do potássio atinge o valor zero quando a dose aplicada for de 140,53 g planta⁻¹ano⁻¹.

O produto marginal da água não variou com a dose de K₂O aplicado, o mesmo aconteceu para o produto marginal do potássio, que não variou com o volume de água aplicado, evidenciando a falta de interação significativa entre os fatores.

Tabela 14: Produto físico marginal da água para os diferentes volumes de água (valor superior) e produto físico marginal do potássio para as diferentes doses de potássio (valor inferior)

Volume de água (L)	Doses de K ₂ O (g planta ⁻¹ ano ⁻¹)			
	0	50	100	200
1659	0,96	0,96	0,96	0,96
	43,47	28,01	12,54	-18,39
3318	0,68	0,68	0,68	0,68
	43,47	28,01	12,54	-18,39
6639	0,12	0,12	0,12	0,12
	43,47	28,01	12,54	-18,39
12847,9	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93
	43,47	28,01	12,54	-18,39

4.9 Taxa marginal de substituição

As taxas marginais de substituição (TMS_{W/K}) de água por potássio, ou seja, a quantidade de água que deve substituir uma unidade do fator potássio e obter a mesma produtividade é apresentada na Tabela 15. As TMS, inicialmente, são negativas, indicando que a água está sendo substituída pelo potássio em proporções decrescente. A partir do momento que se torna positiva indica que a mesma é antieconômica, pois a água passa a ser substituída por potássio em quantidades crescentes.

Quanto mais água e menos potássio for usado para a obtenção do mesmo nível de produtividade, mais difícil se torna substituir o adubo por água, conforme pode ser visualizado nas isoquantas (Figura 17).

Para os níveis de produtividade analisados é possível a substituição de água por potássio até o nível de potássio correspondente a $100 \text{ g planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$, onde os fatores se comportam como substitutos. Para a produtividade de 7000 kg ha^{-1} e a dose de K_2O correspondente a $100 \text{ g planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$ seria possível se economizar 36,6 litros de água para cada unidade de K_2O introduzido.

As taxas marginais positivas significam que a partir daí seria necessário aplicar mais adubo a cada unidade de água, comportando-se os fatores como complementares, ou seja, em vez de economizar água, passar-se-ia a gastar mais água a cada unidade de potássio acrescentada.

De acordo com Aguiar (2005), a decisão de substituir operações e insumos agrícolas tem muito a ver com a necessidade de expansão da produção, e da restrição de alguns fatores de produção, como a escassez de água.

Tabela 15- Taxas marginais de substituição ($TMS_{W/K}$) da água por potássio e os volume de água e doses de potássio, correspondente a cada nível pré-fixado de produtividade

K ₂ O	4500		5000		5500		6000		6500		7000	
	W (L)	TMS	W (L)	TMS	W (L)	TMS	W (L)	TMS	W (L)	TMS	W (L)	TMS
g planta ⁻¹												
0	6598,7	-349,2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
50	2677,5	-35,5	3363,2	-41,7	4195,4	-52,8	5350,1	-83,5	**	**	**	**
100	1530,6	-12,8	2064,9	-14,1	2660,0	-15,9	3342,8	-18,6	4169,6	-23,4	5309,5	-36,6
150	1290,5	2,9	1801,6	3,1	2365,1	3,5	3001,1	3,9	3748,3	4,8	4629,9	6,4
200	1837,1	19,8	2404,6	22,1	3046,5	25,4	3803,2	30,8	4774,6	42,5	6535,5	136,1

4.10 Região de produção racional

A região de produção racional é delimitada pelas linhas que ligam os pontos em que as isoquantas têm inclinação nula, onde as taxas marginais de substituição são infinito ou zero denominado de linhas de fronteira. As combinações de fatores e suas respectivas produtividades que se situam a esquerda dessas linhas representam a região economicamente viável. Como não ocorreu à interação entre os fatores água e potássio, em todos os níveis de produtividade, os níveis de água que delimitam a região de produção racional foram iguais. Da mesma forma acontece para o potássio em que a mesma dose delimita a região de produção racional em todos os níveis de produtividade. O volume de água e a dose de potássio são 7335,5 L de água por planta e 140,5 g planta⁻¹ano⁻¹ de K₂O, nesses pontos as taxas marginais de substituição são iguais a zero, mostrando que a partir daí a atividade torna-se antieconômica. A Figura 18 representa a região de produção racional do cajueiro.

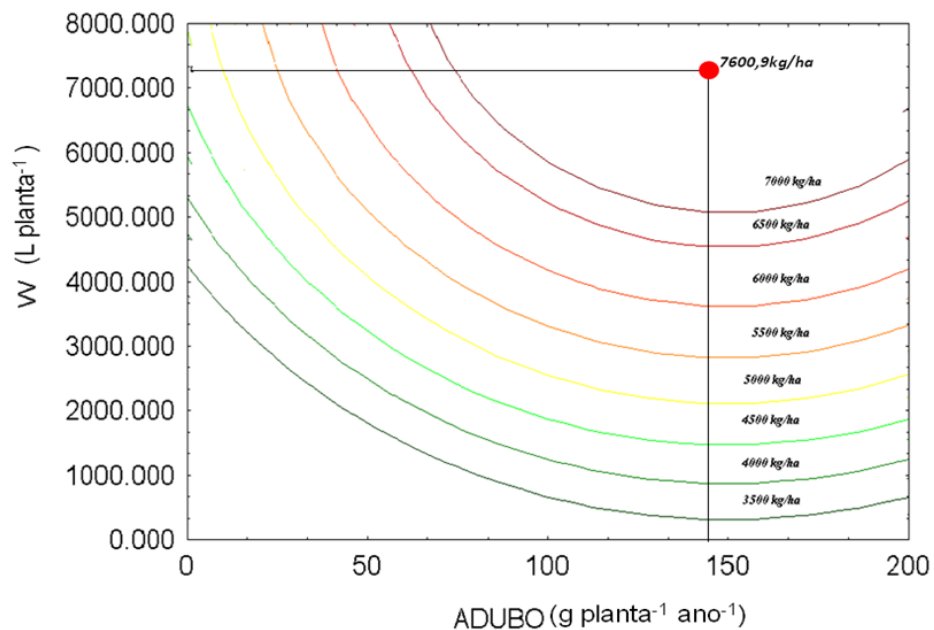


Figura 18 – Região de produção racional do cajueiro.

4.11 Combinação dos fatores de produção para obtenção da máxima receita líquida

As quantidades de água e potássio que maximizam a receita líquida por unidade de área foram obtidas igualando-se as derivadas parciais da função de produção em relação à água e ao adubo, à relação de preços de água em relação ao preço do produto (P_w/P_Y) e a relação de preço do fertilizante em relação ao preço do produto (P_k/P_Y).

$$PMgW = 1,23941 - 0,00016896W = \frac{P_w}{P_Y} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$PMgK = 43,47702 - 0,30936K = \frac{P_k}{P_Y} \quad \dots\dots\dots (14)$$

Considerando que o preço da água era de R\$ 0,10 mm, o preço do potássio de R\$ 2,19 kg e o preço do caju de R\$ 0,60 kg, as quantidades de água e adubo para se obter a máxima receita líquida são 6349,1 L de água por planta e 128,7 g planta⁻¹ ano⁻¹. Substituindo os valores obtidos na função de produção, a máxima receita líquida seria alcançada com a produtividade de 7496,8 kg ha⁻¹ de caju (pedúnculo+castanha).

Considerando o custo total de produção mais taxas de juros (anexo A) da cultura para o quarto ano de cultivo de R\$ 2.957,83 mais os custos adicionais com água e potássio, que para a maximização da receita líquida seria de R\$ 70,2; a receita máxima líquida seria de R\$ 1470,05 por hectare.

4.12 Produtividade da água de irrigação (PA_{IR})

Os valores médios da produtividade da água em função dos níveis de água e doses de K_2O encontram-se dispostos na Tabela 16 ($kg\ m^{-3}$).

Observa-se que os valores médios da produtividade da água decrescem com o aumento dos níveis de água, não sendo influenciada pelas doses de potássio.

Tabela 16: Valores médios da produtividade da água ($kg\ m^{-3}$) em função do volume de água (m^3ha^{-1}) e das doses de adubação potássica ($kg\ ha^{-1}$)

Água (m^3ha^{-1})	Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$)				Médias
	0	10,2	20,4	40,8	
338,4	16,8	10,2	13,8	11,3	13,0
679,9	5,8	7,1	5,5	7,2	6,4
1354,4	3,0	2,2	4,7	4,8	3,7
2620,9	1,5	1,1	2,4	2,5	1,9
Médias	6,77	5,16	6,60	6,45	6,25

Foram realizadas análises de regressão para os valores médios da produtividade da água em função do volume de água e das doses de potássio. A análise de variância da regressão quadrática para os níveis de água apresentou-se significativa em nível de 5% de probabilidade e coeficiente de determinação de 0,99, conforme ilustra a Figura 19. Para as doses de potássio a análise de variância mostrou que o fator de produção, não influenciou significativamente na eficiência do uso da água.

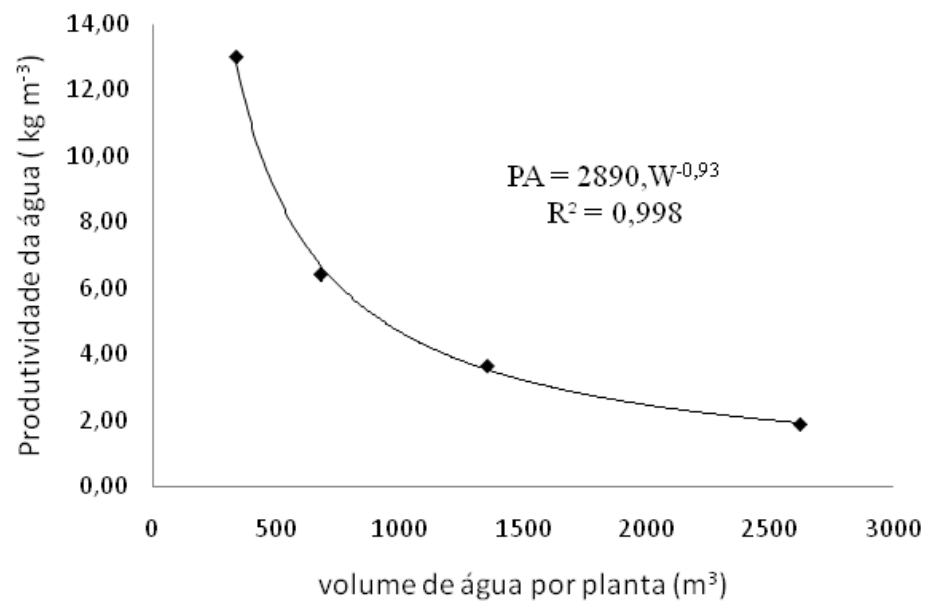


Figura 19 – Produtividade da água em função do volume de água.

5 CONCLUSÕES

O potássio influenciou no aumento do comprimento e diâmetro médio do pedúnculo, enquanto a irrigação proporcionou aumento somente no peso médio do pedúnculo.

A máxima produtividade física observada, de 6.665,7 kg ha⁻¹ foi obtida com o tratamento W₃K₃, referente a 100% da evapotranspiração máxima da cultura e 200 g planta⁻¹ano⁻¹ de K₂O ou 40,8 kg ha⁻¹ano⁻¹. A produtividade máxima estimada (7.600,9 kg ha⁻¹) correspondeu a uma necessidade de água superior a 14,5% do tratamento W₃ (100% de ETc) e 140,5 g planta⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, valor este igual ao recomendado pela análise de solo.

O nível de água economicamente ótimo que proporcionou a máxima produtividade está 4,5% abaixo do valor observado. Já a produtividade econômica foi inferior em apenas 1,4% da produtividade estimada pelo modelo estatístico, e proporciona uma economia de água de 15,5%.

A produtividade da água de irrigação diminuiu com o aumento dos níveis de água e não foram influenciadas pelas doses de potássio.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. F. **Coefficiente de cultura e necessidades hídricas de mudas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) submetidas a diferentes lâminas de irrigação.** 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

ALMEIDA, J. I. L.; ARAÚJO, F. E.; LOPES, J. G. V. **Evolução do cajueiro anão precoce na Estação Experimental de Pacajus,** Ceará. Fortaleza: EPACE, 1993. 17 p. (EPACE. Documentos, 6).

ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Manejo de água em agricultura irrigada.** Teresina: EMBRAPA-UEPAE Teresina, 1992. 37 p. (EMBRAPA-UEPA Teresina. Circular técnica, 10).

AGUIAR, J. V., **Determinação do consumo de água e da função de produção do caupi irrigado no Município de Bragança – Pará.** 1989. 106 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)- Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1989.

ANTUNES, P. de B. **Direito Ambiental.** 3. ed. rev., ampl. e atualiz. Rio de Janeiro: **Lumen Juris**, 1999, p. 337-340.

AQUINO, B. F. **Conceitos fundamentais em fertilidade do solo.** Fortaleza: UFC. 2003a. 182 p. (Material Didático).

AGUIAR, J. V.; **A função de produção na agricultura irrigada.** Fortaleza. Imprensa universitária. 2005. 195 p.

BARROS, L. M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F.; MESQUITA, A. M. M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão-precoce.** Fortaleza. EMBRAPA, 1993. (Comunicado técnico).

BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; PAIVA J. R.; CRISÓSTOMO J. R.; CORRÊA M. P. F.; LIMA, A. C. Seleção de clones de cajueiro anão para o plantio comercial no estado do Ceará. Brasília. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, n.11, 2000. p. 2197-2204.

BARROS, V.S. **Função de produção do melão (*Cucumis melo* L.) aos níveis de água e adubação nitrogenada no Vale do Curu – Ce.** 1999.76 f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

BARROS, L. de M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ALVES, R. E.; LIMA, A. C. **BRS 189 dwarf cashew clone cultivar**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.2, n.1, p.157-158, 2002.

BARROS, L. M.; PAIVA, J. R. de.; CAVALCANTE, J. J. V. Cajueiro anão precoce. **Biotecnologia**, v.2, n.6, p.18 – 21, 1998.

BATISTA T. M. de V.; LEITE G. A.; MEDEIROS Y. C.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; GÓES, G. B. de; GUIMARÃES, R. P. S. **Doses de sulfato de potássio na produção de porta-enxerto de cajueiro**. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura 54 th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 12 a 17 de Outubro de 2008 - Centro de Convenções – Vitória/ES.

BENAMI, A.; OFEN, A. Irrigation engineering: sprinkler, trickle and surface irrigation Principales, design and agricultural pratics. 2. ed. Haifa (israel): **Michlol Ltd**. 1993.

BERNARDO, S. Desenvolvimento e perspectiva da irrigação no Brasil. **Engenharia na agricultura**. Viçosa, v. 1, n. 14, p. 1-14, 1992.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. da S. **Solos, nutrição e adubação da bananeira Cruz das Almas, BA**: Embrapa - CNPMF, 1995. 44 p. (Circular Técnica, 22).

BERNARDO, S.; MANTOVANNI, J. A.; ALVES, A. A.; **Manual de Irrigação**. 26. ed. Viçosa. UFV. 2005.

CARNEIRO P. T.; CAVALCANTI M. L. F.; BRITO M. E. B.; GOMES A. H. S.; FERNANDES P. D.; GHEY H. R. Sensibilidade do cajueiro anão precoce ao estresse salino na pré-floração. v.2, n.2, Recife, PE. **Rev. Brasileira de Ciências Agrárias**, 2007.

CAJUCULTURA. **Noções elementares de botânica do cajueiro**, 2009. Disponível em: <<http://www.cajucultura.com.br>>. Acesso em: 23 set. 2009.

CAJUEIRO. In: WIKIPEDIA multímedia. [S.l]: **Creative Commons Attribution** 2009. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Cajueiro>>. Acesso em: 20 ago. 2009.

CARVALHO, P. **Versátil por natureza**, 2009. Disponível em:
<http://www.deere.com/pt_BR/ag/veja_mais/o_sulco/edicao34/osulco34_p18-20.pdf>.
Acesso em: 2 maio 2010.

CAVALCANTI, J. J. V.; PEREIRA PINTO, C. A. B.; CRISÓSTOMO, J. R.; FERREIRA, F. D. Capacidade de combinação do cajueiro (*anacardium occidentale* L.) em relação á produção precoce da castanha 44. ed., [SI]. **Revista Ceres**, 1997.

CEINFO. **Perguntas e respostas caju: perguntas e respostas, clima, solos, adubação e nutrição mineral do caju**. 2009. Disponível em:
<<http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/artigo.php?op=2&i=1&si=34&ar=92>>. Acesso em: 20 set. 2009.

COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; OLIVEIRA I. P. de; HEINEMANN, A. B., FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. Adubação fosfatada e potássica no crescimento e nutrição da crotalaria juncea L. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 827-831, set./out., 2006.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V. H. de.; RAIJ, B. Van.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitossanitários com ênfase na adubação e na irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 20p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 08).

CRISÓSTOMO, J. R. Informação verbal fornecida no Departamento de Engenharia Agrícola, Campus do Pici, em Fortaleza, em agosto de 2010.

EMBRAPA Fruticultura. **Cultivo do Cajueiro**. 2003. Disponível em:<<http://www.embrapa.br/sistemasdeproducao/Caju/CultivodoCajueiro/solos>>. Acesso em: 5 set. 2009.

DAI . **Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional**. 2006. Disponível em: <[http://www.dai.org.br// dai Brasil / subsidiária da Development Alternatives](http://www.dai.org.br//dai%20Brasil/subsidiaria%20da%20Development%20Alternatives)>. Acesso em: 6 set. 2009.

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.258-62, abr. 2002.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. 1979. **Efeito da água no rendimento das culturas**. FAO, Irrigação e Drenagem 33, Tradução Gheyi, H. R. e outros, Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O.; **Crop water requirements**. Roma: FAO, 1977. 179p. (Irrigate and Drainage Paper, 24).

EMPREGO e renda gerados pela produção brasileira de caju. 2008. Disponível em: <<http://blog.cnpat.embrapa.br/?p=300>>. Acesso em: 25 set. 2009.

EMBRAPA, **Cultivo do cajueiro.Sistemas de Produção**. In: ISSN 1678-8702 Versão eletrônica. 2003, Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/index.htm>>. Acesso em: 11 set. 2009.

FAO. **Crops and drops: making the best use of water for agriculture**. Roma, 2002. 22 p.

FAO. **Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides**. Roma, 2006. 113p.

FNP, Consultoria & Comércio. **Agriannual 98: anuário estatístico de agricultura brasileira**. São Paulo, 1998. 481p. cap.: Caju.

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V. P. S.; PEREIRA, A. S.; LIBARDI, V. C. M. Efeitos de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Congresso Chileno de Engenharia Agrícola, 2. **Anais...** Chillán – Chile, 1997. 73p.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP. 1993. 42p. (Série Didática, 6).

FRIZZONE, J.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; **Planejamento de irrigação – Análise de decisão de investimento**, Brasília, Embrapa informação tecnológica, 2005.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, julho. 1994.

FRIZZONE, J. A.; PEREIRA, G. T. Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação: I-região de produção racional. **ABID, Revista Irrigação e Tecnologia Moderna**. Nº28, P. 26-32. 1987.

FILGUEIRAS, H. A. C.; MOSCA, J. L.; ALVES, R. E.; MENEZES, J. B. Cashew apple for fresh consumption: Research on harvest and postharvest handling technology in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, 1997.

FILGUEIRAS, H. A. C. **Características do pedúnculo para exportação**. In: CAJU: pós-colheita. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. p. 14-17.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Exportação de nutrientes pelos frutos de melancia em função de épocas de cultivo, fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 740-743, out-dez 2004.

GRUNDON, N. J. Cashew nuts in North Queensland respond to phosphorus and sulfur fertilizers. **Better Crops International**. 1999.

GOMES, J. C. M.; GOMES, N. W.; SILVA, L. C. A.; LIMA, W. A.; SILVA, J. M. da. Pós-colheita de clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia. **Bahia Agrícola**, v.7, n.2, abr. 2006.

GHOSH, S. N.; BOSE, T. K. Nutritional requirement of cashew (*anacardium occidentale* L.) in laterite tract of west Bengal. **Indian cashew Journal**, v.18, p.11-18, 1986.

GHOSH, S. N.; Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on flowering duration, yield and shelling percentage of cashew (*anacardium occidentale* L.). v.22. [SI], **Indian cashew Journal**, 1990. p.19-23,

HEXEN, T. A.; HEADY, E. O. **water production function for irrigated agriculture**. Iowa: The Iowa estate University Press. 1978. 215p.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Solos e aptidão edafoclimática para a cultura do cajueiro no município de Grajaú-MA**. 36 ed. Fortaleza, EMBRAPA 1999. p. 1-5. (Comunicado Técnico).

LIMA, R. L. S. de; FERNANDES, V. L. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; OLIVEIRA, V. H. Crescimento de Mudas de Cajueiro-Anão-Precoce CCP-76' Submetidas á Adubação Orgânica e Mineral. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 391-395, agosto 2001.

LIMA, G. P. B.; AGUIAR, J. V. de; COSTA, R. N. T.; PAZ, V. P. S. Rendimento de cultivares do caupi (*Vigna unguiculata* L Walp) submetidas a diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.4, n.3, p. 205-212, 1999.

NEGREIROS, M. Z.; COSTA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LEITÃO, V. B. R. M. M.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Rendimento e qualidade do melão sob lâminas de irrigação e cobertura do solo com filmes de polietileno de diferentes cores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.773-779, 2005.

MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg.) a Lâminas de Irrigação e Doses de Nitrogênio e de Potássio**. 1998. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Programa de pós-graduação em Produção Vegetal UENF, 1998, Rio de Janeiro, 1998.

MENEZES, J. B. **Armazenamento refrigerado de pedúnculos do caju (*Anacardium occidentale* L.) sob atmosfera ambiental e modificada**. 1992. 102f. (Mestrado em Agronomia) ESAL, Lavras, 1992.

MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT, 1995. 20p. (Documentos, 17).

MOUSINHO, F. E. P. **Função de resposta da melancia à aplicação de água e adubo nitrogenado para as condições edafoclimáticas da Fortaleza, CE**. 2002. 61f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **POTAFÓS**, 1997.319p

MENÊSES JÚNIOR J.; ALMEIDA F. A. G.; HERNANDEZ F. F. F.; ALMEIDA F. C. G. Influência da adubação NPK sobre o crescimento do cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*). Maracay: **Rev. Fac. Agron.** ed: 19. 1993.

MONTEIRO, R.O.C.; **Função de resposta da cultura do meloeiro aos níveis de água e adubação nitrogenada no vale do Curu, CE**. 2004. 76 f . Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.

MONTOYA, R. B.; SPINOIA, A. G.; GARCIA, P. S.; PAREDES, D. G. Demanda de potasio del tomate tipo sadette. Disponível em: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/4/art391-399.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2006.

MUNDO educação, **Caju**. 2005. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/caju.htm>>. Acesso em: 22 set. 2009.

OLIVEIRA, V. H. de. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, dez. 2002. 40p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistema de Produção, 1).

OLIVEIRA, V. H.; BARROS, L. M.; LIMA, R. N. de. Influência da irrigação e do genótipo na produção de castanha em cajueiro-anão-precoce. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1,66, 2003.

OLIVEIRA, V. H., MIRANDA, F. R.;CAVALCANTE,R. R. R. **Produção de castanha em cajueiro- anão precoce sob diferentes regimes hídricos**. 2004. (boletim de pesquisa e desenvolvimento 19).

OLIVEIRA, F.N. S.: AQUINO, A. R. L. de; LIMA, A. A. C. **Correção da acidez e adubação mineral em solos de Cerrado cultivados com cajueiro anão precoce enxertado**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 31p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 5)

PAIVA, J. R. de; CARDOSO, J. E.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ALENCAR, E. S. **Clone de cajueiro anão-precoce BRS 226 ou Planalto: nova alternativa para o plantio na Região Semiárida do Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 4p. (Embrapa Agroindústria Tropical Comunicado Técnico, 78).

PAIVA. J. R.; CRISÓSTOMO,J. R.; BARROS,L. M. **Recursos genéticos do cajueiro coleta, conservação caracterização e utilização**, Fortaleza. EMBRAPA. 2003: (Comunicado técnico).

PAIVA. J. R.; BARROS, L.de M. **Clones de cajueiro: obtenção, características e perspectivas**. Fortaleza. EMBRAPA. 2004. (Documento 82).

PARENTE, J. I. G.; PAULA PESSOA, P. F. A. de; NAMERATA, Y. **Diretrizes para a recuperação da cajucultura do Nordeste**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1991. 38p. (Documentos, 04).

PESSOA, P. F. A. P; LEITE, L. A. de S.; PIMENTEL, C. R. M. Situação atual e perspectivas da agroindústria do caju. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. da., (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1995. p.73 – 93.

PERDIGÃO, P. de C. N. **Efeitos de níveis de água e adubação potássica no desenvolvimento do cajueiro anão- precoce BRS 189**. 2007. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem, UFC, Fortaleza, Ceará).

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adução e calagem para o estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).

RAMOS, A. D. **Solos cultivados com cajueiro no Ceará e áreas potenciais para a cultura**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPCa, 1991. 33p. (Boletim de Pesquisa, 5).

RUGGIERO, C; SÃO JOSÉ, A. R.;VOLPE,C.A. *et al.* **Maracujá para exportação aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996, 64 p.(publicações técnicas FRUPEX,19).

RIBEIRO, J. L.; NOGUEIRA, C. C. P.; SILVA, P. H. S. DA; RIBEIRO, V. Q.; RIBEIRO, H. A. M. **Irrigação do cajueiro anão-precoce na região de Teresina**. Piauí. Embrapa. 2006: (Comunicado técnico 186).

RAIJ, B. van. Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: Simpósio obre potássio na Agricultura Brasileira, 1982, Londrina. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1982. P. 67-76.

SAWKE, D. P.; GUNJATE, R.T.; LIMAYE, V.P. Effect of nitrogen, phophorus and potash fertilization on growth and production of cashewnut. **Acta Horticulturae**, v.108, p. 95–99, 1985.

SALGADO, E. V.; **Análise técnico-econômica da cunha em função de lâminas de água e adubação fosfatada no vale do Curu, Ceará**. . (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem, UFC, Fortaleza, Ceará).

SILVA JÚNIOR, A.; PAIVA, F. F. A. **Estudo físico e físico-químico de clones de cajueiros anão precoce**. Fortaleza : EPACE, 1994. 5p. (Boletim de pesquisa, 23).

SILVA, L. A.C. da. **Aspectos econômicos em projetos de irrigação e drenagem**: In; Curso de aperfeiçoamento em irrigação e drenagem para engenheiros agrônomos e engenheiros agrícolas. Fortaleza: UFC, 2000.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. **Fertirrigação de hortaliças. Irrigação & Tecnologia Moderna. Brasília**, v. 52/53, 2001/2002

SILVEIRA, R. L. V. de A.; MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação potássica em Eucalyptus**. 2006, Disponível em:
<[http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5bc829a2f54298832569f8004695c5/\\$FILE/Encarte%2091.pdf](http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5bc829a2f54298832569f8004695c5/$FILE/Encarte%2091.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2009.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS. Piracicaba: **POTÁFOS**, 1993. p. 105-135.

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamoneira**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.

APÊNDICE A – Produtividade do cajueiro (pedúnculo+castanha), em kg ha⁻¹, em função do volume de água e doses de potássio

Volume de água (L)	K ₂ O (K)	Blocos			
		I	II	III	IV
W ₁ -1659	K0	5202	3155,2	8670	5675
	K1	2366,4	3794,4	4243,2	3345,6
	K2	2101,2	4947	5212,2	6426
	K3	3774	3672	4029	3825
W ₂ - 3318	K0	4304,4	2570,4	5202	3692,4
	K1	2876,4	4386	4651,2	7527,6
	K2	3651,6	2478,6	3682,2	5253
	K3	4610,4	2407,2	5100	7548
W ₃ - 6636	K0	2876,4	5997,6	3250,4	4041,4
	K1	1672,8	3060	4171,8	2968,2
	K2	6568,9	6762,6	4834,8	7078,8
	K3	5936,4	7650	6701,4	5610
W ₄ - 12847	K0	3264	3508,8	6458	3345,6
	K1	2978,4	2978,4	6681	3406,8
	K2	3162	5620,2	4586,6	4977,6
	K3	3733,2	4355,4	6120	4365,6

APÊNDICE B- Diâmetro do pedúnculo (mm), em função do volume de água em L e das doses de K_2O em $g\ planta^{-1}ano^{-1}$

Irrigações (W)	K_2O (K)	Blocos			
		I	II	III	IV
W1	K0	59,0	59,62	55,79	59,19
	K1	63,28	54,04	59,15	50,26
	K2	48,88	48,42	62,91	59,62
	K3	55,0	50,13	55,97	59,9
W2	K0	45,84	45,0	45,0	45,7
	K1	53,0	53,0	53,0	52,95
	K2	54,75	55,66	48,38	55,6
	K3	582	59,42	59,0	60,43
W3	K0	58,0	59,17	58,0	57,49
	K1	64,92	55,0	44,69	55,0
	K2	53,0	52,01	49,84	55,11
	K3	46,95	61,97	58,11	62,37
W4	K0	56,56	62,58	45,95	47,69
	K1	51,0	52,72	50,21	51,0
	K2	46,93	46,6	55,51	46,0
	K3	57	61,76	61,89	60,33

APÊNDICE C - Comprimento médio do pedúnculo (mm), em função do volume de água de água, em L e das doses de K₂O em g planta⁻¹ ano⁻¹

Irrigação (W)	K ₂ O (K)	Blocos			
		I	II	III	IV
W1	K0	64,1	71,8	57,75	64,82
	K1	69,24	67,28	64,02	57,16
	K2	64,14	58,23	75,26	61,04
	K3	62,2	51,64	62,02	73,09
W2	K0	55,04	52,0	52,0	48,64
	K1	68,0	70,0	69,0	69,08
	K2	71,43	55,19	63,56	55,16
	K3	71,74	81,22	75,0	74,29
W3	K0	68,0	66,71	68,0	70,18
	K1	72,32	63,1	55,33	63,1
	K2	64,1	61,71	55,13	68,6
	K3	59,62	66,45	57,18	69,4
W4	K0	71,46	66,58	49,14	52,03
	K1	60,1	65,8	57,98	61,8
	K2	62,31	56,01	67,22	61,8
	K3	66,15	74	74,51	72,3

APÊNDICE D - Peso médio do pedúnculo (g), em função do volume de água de água em L, e das doses de K₂O em g planta⁻¹ ano⁻¹

Irrigação (W)	K ₂ O (K)	Blocos			
		I	II	III	IV
W1	K0	85	145	85	135
	K1	182,5	127,5	137,5	90
	K2	72,5	107,5	107,5	100
	K3	145	112,5	145	145
W2	K0	85	90	85	85
	K1	137,5	112,5	130,4	130,4
	K2	55	127,5	56,1	124,8
	K3	67,5	70	68,0	68,3
W3	K0	127,6	112,5	127,6	130
	K1	127,5	130	130	150
	K2	125	102,5	117,5	150
	K3	145,8	150	102,5	185
W4	K0	165	163,8	95	96,1
	K1	135	122,5	135	135
	K2	137,5	137,5	125	137,5
	K3	140	112,5	160	150

APÊNDICE E - SST ($^{\circ}$ Brix) do pedúnculo, em função do volume de água de água em L, e das doses de K_2O em $g\ planta^{-1}\ ano^{-1}$

Irrigação (W)	K_2O (K)	Blocos			
		I	II	III	IV
W1	K0	12	12	13	12
	K1	11	11,6	12,1	12
	K2	14	14,4	13,7	14
	K3	12	11,9	13,1	12
W2	K0	12	12	12	12
	K1	11	13	9	12
	K2	11	13	14	11,3
	K3	13	14,5	11,2	7,0
W3	K0	12	13,4	12	12
	K1	12	14	13	12
	K2	12	12	11,9	12,1
	K3	11,5	12	10,6	11,5
W4	K0	15	12,5	12,5	12,5
	K1	12,2	11,6	11,5	11,5
	K2	13,6	11	14,2	14,2
	K3	12	11,2	13,5	13,5

APÊNDICE F- Teste de normalidade dos dados de produtividade

=====

ASSISTAT - NORMALIDADE E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

<http://www.assistat.com>

=====

Data: 23/02/2010 Hora: 14:48:01

NORMALIDADE (a = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	Vcrit	p-valor	Normal
Kolmogorov-Smirnov(D)	0.10166	0.11055	p > .05	Sim
Cramér-von Mises(W2)	0.12027	0.12502	p > .05	Sim
Anderson-Darling(A2)	0.70543	0.74499	p > .05	Sim
Kuiper (V)	0.16120	0.18264	p > .15	Sim
Watson (U2)	0.10226	0.11510	p > .05	Sim
Lilliefors (D)	0.10166	0.11075	p > .05	Sim
Shapiro-Wilk (W)	0.96768	-	0.09151	Sim

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Número de dados	= 64
Menor valor (min)	= 1672.8
Maior valor (max)	= 8670
Aplitude (max - min)	= 6997.2
Soma dos dados	= 290479.7
Média aritmética(M)	= 4538.74531
Lim.conf.inf.da M(95%)	= 4157.93068
Lim.conf.sup.da M(95%)	= 4919.55995
Mediana	= 4329.9
Moda	= 2876.4
Moda	= 3345.6
Moda	= 4355.4
Moda	= 5202
Desvio médio	= 1266.35723
Desvio padrão(para N-1)	= 1554.34544
Desvio padrão(para N)	= 1542.15431
Variância(para N-1)	= 2415989.75083
Variância(para N)	= 2378239.91097
Coef.Variação(para N-1)	= 34.24615
Coef.Variação(para N)	= 33.97755
Coef.de assimetria	= .54498
Coef.de curtose	= -.29774

(para N-1) = Amostra (para N) = População

APÊNDICE G- Análise de variância dos fatores de produção água e potássio (isolados) sob a produtividade (pedúnculo+ castanha)

```
*****
*           SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA           *
*   Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado   *
*   Departamento de Matematica e Estatistica - ESALQ - USP *
*           ANALISE DA VARIAVEL PRODUT - ARQUIVO: DADOS     *
*****
```

CODIGO DO PROJETO: ALUNO

RESPONSAVEL: KELLY

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: PARCELAS SUBDIVIDIDAS

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

```
-----
FATOR      NOME
-----
A          AGUA
B          ADUBO
C          BLOCO
-----
```

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	3	23311173.2287891			
AGUA	3	3999368.0258759	1333122.6752920	0.4146	0.74899
RESIDUO (A)	9	28942183.1661287	3215798.1295699		
PARCELAS	15	56252724.4207937			
ADUBO	3	12675855.7149707	4225285.2383236	3.3629	0.02858
AGU*ADU	9	40418208.5897663	4490912.0655296	3.5743	0.00318
RESIDUO (B)	36	45231826.8451338	1256439.6345871		
TOTAL	63	154578615.5706645			

MEDIA GERAL = 4517.226600

COEFICIENTE DE VARIACAO (A) = 19.849 %

COEFICIENTE DE VARIACAO (B) = 24.814 %

REGRESSAO POLINOMIAL PARA OS NIVEIS DE AGUA
QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
REGRESSAO LINEAR	1	1241.7287864	1241.7287864	0.00039	0.98244
REGRESSAO QUADR.	1	3036736.0388484	3036736.0388484	0.94432	0.64131
DESVIOS DE REGR.	1	961390.2582410	961390.2582410	0.29896	0.60263
RESIDUO	9	28942183.1661287	3215798.1295699		

MEDIAS AJUSTADAS PELAS EQUACOES DE REGRESSAO

NIVEIS	MEDIAS OBS.	MEDIAS ORIG.	LINEAR	QUADR.
0.250	4402.3875	4402.3875	4521.7448	4291.0096
0.500	4371.3375	4371.3375	4520.1018	4566.2488
1.000	4948.8374	4948.8374	4516.8158	4851.3818
2.000	4346.3438	4346.3438	4510.2439	4360.2660
COEF. DETERMINACAO			0.0003	0.7596

REGRESSAO POLINOMIAL PARA OS NIVEIS DE ADUBO
QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
REGRESSAO LINEAR	1	5447305.3393691	5447305.3393691	4.33551	0.04203
REGRESSAO QUADR.	1	428780.8761228	428780.8761228	0.34127	0.56948
DESVIOS DE REGR.	1	6799769.4994787	6799769.4994787	5.41193	0.02428

APÊNDICE H- Regressões polinomiais das produtividades em função do volume de água para as doses de potássio 100 e 200 g planta⁻¹ano⁻¹

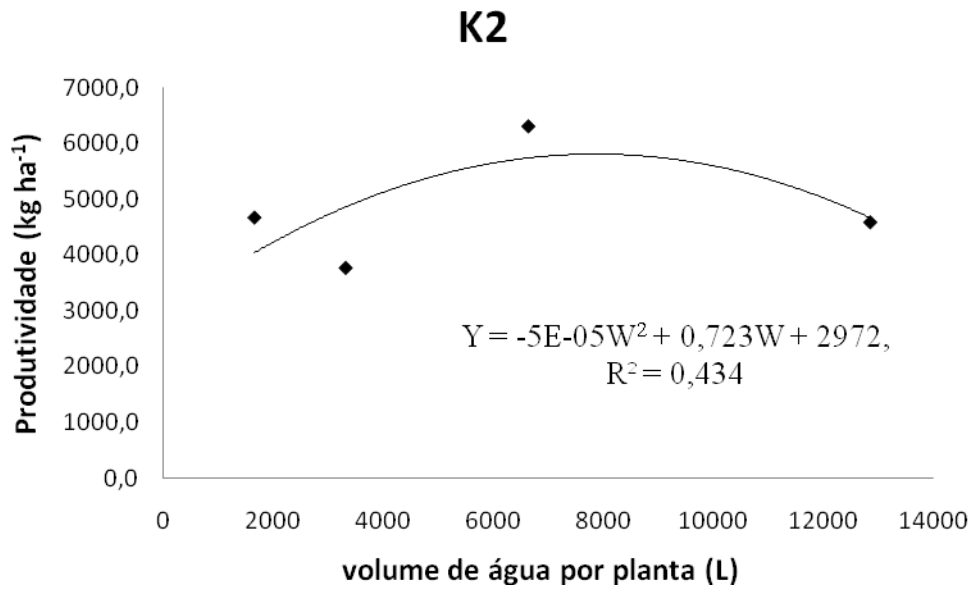


Figura A – Produtividade (castanha+pedúnculo) em função do volume de água aplicado (L).

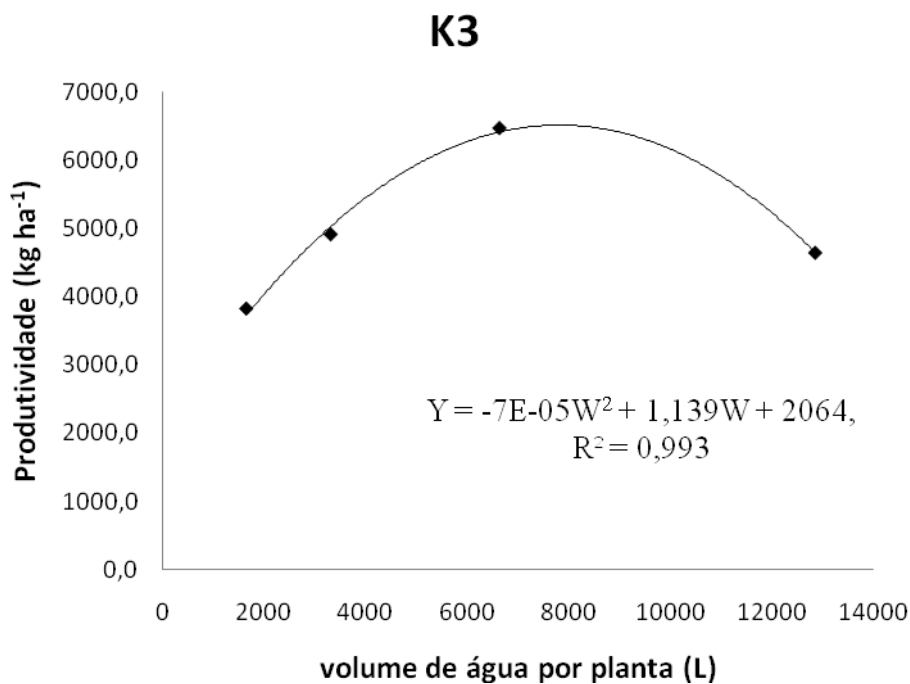


Figura B – Produtividade (castanha+pedúnculo) em função do volume de água aplicado (L).

APÊNDICE I - Análise de regressões múltiplas da produtividade do cajueiro (pedúnculo+castanha) em função de diferentes doses de adubação (g planta⁻¹ano⁻¹) e volume de água (L) para os dez modelos testados.

9

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
Model: MODEL9
Dependent Variable: y1

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	217399757	43479951	16.94	<.0001
Error	11	28232025	2566548		
Uncorrected Total	16	245631781			

Root MSE	1602.04485	R-Square	0.8851
Dependent Mean	3692.40000	Adj R-Sq	0.8328
Coeff Var	43.38763		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.12000	0.28094	3.99	0.0021
n	1	3.58034	18.39163	0.19	0.8492
w2	1	-0.00006987	0.00002282	-3.06	0.0108
n2	1	0.03655	0.08676	0.42	0.6817
wn	1	-0.00044439	0.00115	-0.39	0.7063

10

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
Model: MODEL10
Dependent Variable: y1

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	217015727	54253932	22.75	<.0001
Error	12	28616054	2384671		
Uncorrected Total	16	245631781			

Root MSE	1544.23806	R-Square	0.8835
Dependent Mean	3692.40000	Adj R-Sq	0.8447
Coeff Var	41.82207		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.14453	0.26381	4.34	0.0010
n	1	2.08136	17.33002	0.12	0.9064
w2	1	-0.00007373	0.00001978	-3.73	0.0029
n2	1	0.03203	0.08287	0.39	0.7059

19

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL19
 Dependent Variable: y2

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	292251431	58450286	22.04	<.0001
Error	11	29168508	2651683		
Uncorrected Total	16	321419939			

Root MSE	1628.39878	R-Square	0.9093
Dependent Mean	4208.98750	Adj R-Sq	0.8680
Coeff Var	38.68861		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.20119	0.28556	4.21	0.0015
n	1	19.75023	18.69418	1.06	0.3134
w2	1	-0.00007438	0.00002320	-3.21	0.0084
n2	1	-0.06818	0.08819	-0.77	0.4557
wn	1	0.00013109	0.00117	0.11	0.9126

20

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL20
 Dependent Variable: y2

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	292218014	73054503	30.02	<.0001
Error	12	29201925	2433494		
Uncorrected Total	16	321419939			

Root MSE	1559.96595	R-Square	0.9091
Dependent Mean	4208.98750	Adj R-Sq	0.8789
Coeff Var	37.06274		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.19395	0.26650	4.48	0.0008
n	1	20.19240	17.50653	1.15	0.2712
w2	1	-0.00007325	0.00001998	-3.67	0.0032
n2	1	-0.06685	0.08371	-0.80	0.4400

29

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL29
 Dependent Variable: y3

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	395679732	79135946	12.39	0.0003
Error	11	70242739	6385704		
Uncorrected Total	16	465922471			

Root MSE	2526.99496	R-Square	0.8492
Dependent Mean	5224.61250	Adj R-Sq	0.7807
Coeff Var	48.36713		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.26544	0.44315	2.86	0.0156
n	1	14.57932	29.01015	0.50	0.6252
w2	1	-0.00006232	0.00003600	-1.73	0.1113
n2	1	-0.00052373	0.13685	-0.00	0.9970
wn	1	-0.00141	0.00181	-0.78	0.4541

30

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL30
 Dependent Variable: y3

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	391833669	97958417	15.87	<.0001
Error	12	74088803	6174067		
Uncorrected Total	16	465922471			

Root MSE	2484.76697	R-Square	0.8410
Dependent Mean	5224.61250	Adj R-Sq	0.7880
Coeff Var	47.55888		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.34308	0.42449	3.16	0.0082
n	1	9.83558	27.88499	0.35	0.7304
w2	1	-0.00007454	0.00003183	-2.34	0.0373
n2	1	-0.01481	0.13334	-0.11	0.9134

39

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL39
 Dependent Variable: y4

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	384848939	76969788	19.83	<.0001
Error	11	42701892	3881990		
Uncorrected Total	16	427550831			

Root MSE	1970.27667	R-Square	0.9001
Dependent Mean	4942.95000	Adj R-Sq	0.8547
Coeff Var	39.86034		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.18602	0.34552	3.43	0.0056
n	1	46.73920	22.61897	2.07	0.0632
w2	1	-0.00007608	0.00002807	-2.71	0.0203
n2	1	-0.14486	0.10670	-1.36	0.2018
wn	1	-0.00096711	0.00141	-0.68	0.5078

40

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL40
 Dependent Variable: y4

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	383030114	95757529	25.81	<.0001
Error	12	44520716	3710060		
Uncorrected Total	16	427550831			

Root MSE	1926.15153	R-Square	0.8959
Dependent Mean	4942.95000	Adj R-Sq	0.8612
Coeff Var	38.96765		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.23941	0.32906	3.77	0.0027
n	1	43.47702	21.61600	2.01	0.0673
w2	1	-0.00008448	0.00002467	-3.42	0.0050
n2	1	-0.15468	0.10337	-1.50	0.1600

49

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL49
 Dependent Variable: my

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	313566538	62713308	25.37	<.0001
Error	11	27193463	2472133		
Uncorrected Total	16	340760001			

Root MSE	1572.30181	R-Square	0.9202
Dependent Mean	4517.23750	Adj R-Sq	0.8839
Coeff Var	34.80671		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.19316	0.27573	4.33	0.0012
n	1	21.16227	18.05018	1.17	0.2658
w2	1	-0.00007066	0.00002240	-3.16	0.0092
n2	1	-0.04425	0.08515	-0.52	0.6136
wn	1	-0.00067169	0.00113	-0.60	0.5634

50

The SAS System

10:45 Friday, March 12, 2010

The REG Procedure
 Model: MODEL50
 Dependent Variable: my

NOTE: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	312689189	78172297	33.42	<.0001
Error	12	28070811	2339234		
Uncorrected Total	16	340760001			

Root MSE	1529.45554	R-Square	0.9176
Dependent Mean	4517.23750	Adj R-Sq	0.8902
Coeff Var	33.85821		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
w	1	1.23024	0.26129	4.71	0.0005
n	1	18.89659	17.16413	1.10	0.2925
w2	1	-0.00007650	0.00001959	-3.90	0.0021
n2	1	-0.05108	0.08208	-0.62	0.5454

Anexo A - Custos de produção do cajueiro anão precoce - BRS 189.

Discriminação	Unid.	Vr. Unit.	ANO – I		ANO - II		ANO - III		ANO – IV	
			Qtde	Vr.Total-R\$	Qtde	Vr.Total-R\$	Qtde	Vr.Total-R\$	Qtde	Vr.Total-R\$
1. INSUMOS ⁽¹⁾				1012,48		758,48		1158,79		1457,99
. Mudas + 10%	Unid.	1,50	230,0	345,00						
. Tutor	Mil.	500,00	0,23	115,00						
. Adubo orgânico	Ton.	40,00	3,0	120,00	3,0	120,00				
. Uréia	Kg.	0,70	12,0	8,40	24,0	16,80	32,0	22,40	48,0	33,60
. Superfosfato Simples	Kg.	0,60	99,0	59,40	0,0	0,00	39,0	23,40	69,0	41,40
. Cloreto de potássio	Kg.	0,73	25,0	18,37	25,0	18,37	25,0	18,37	25,0	18,37
. Fungicida	Lit.	44,32	1,0	44,32	1,0	44,32	2,0	88,64	2,0	88,64
. Inseticida	Kg.	27,00	1,0	27,00	2,0	53,99	4,0	107,99	4,0	107,99
. Formicida	Kg.	3,50	2,0	7,00	2,0	7,00		0,00		0,00
. Espalhante Adesivo	Lit.	8,00	1,0	8,00	1,0	8,00	1,0	8,00	1,0	8,00
. Energia elétrica	Kw/h	0,13	1000,0	130,00	2000,0	260,00	2000,0	260,00	1000,0	130,00
. Embalagem	Unid.	0,50			200,0	100,00	1000,0	500,00	1800,0	900,00
2. MECANIZAÇÃO			7,0	280,00	2,0	80,00	2,0	80,00	2,0	80,00
. Aração/Gradagem	H/tr.	40,00	5,0	200,00						
. Roço mecanizado	H/tr.	40,00	2,0	80,00	2,0	80,00	2,0	80,00	2,0	80,00
3. MÃO-DE-OBRA VARIÁVEL				480,00	42,00	420,00	71,00	710,00	96,00	960,00

. Marcação e coveamento	D/h.	10,00	8,0	80,00						
. Adubação em fundação	D/h.	10,00	3,0	30,00						
. Plantio e replantio	D/h.	10,00	4,0	40,00						
. Tutoramento	D/h.	10,00	3,0	30,00						
. Aplicação de formicida	D/h.	10,00	1,0	10,00	1,0	10,00	1,0	10,00		
. Poda de formação/limpeza/desbrota	D/h.	10,00	2,0	20,00	2,0	20,00	3,0	30,00	4,0	40,00
. Pulverização	D/h.	10,00	10,0	100,00	10,0	100,00	10,0	100,00	10,0	100,00
. Irrigação/fertirrigação	D/h.	10,00	10,0	100,00	12,0	120,00	15,0	150,00	15,0	150,00
. Coroamento	D/h.	10,00	5,0	50,00	5,0	50,00	8,0	80,00	8,0	80,00
. Adubação em cobertura	D/h.	10,00	2,0	20,00	4,0	40,00	4,0	40,00	4,0	40,00
. Transporte (colheita/serv.gerais)	D/h.	10,00	-	-	8,0	80,00	30,0	300,00	55,0	550,00
SUB-TOTAL (Conta Cultural)				1.772,48		1.258,48		1.948,79		2.497,99
4. CUSTOS DE ADMINISTRAÇÃO	5,00%			88,62		62,92		97,44		124,90
. Gerenciamento	3,00%			53,17		37,75		58,46		74,94
. M.O. Administrativa	2,00%			35,45		25,17		38,98		49,96
5. Equipamento de Irrigação	13,00%	3.000,00		390,00		390,00		390,00		390,00
. Equipamentos "on farm"-	10,00%			300,00		300,00		300,00		300,00

amortização					
. Equipamentos "on farm"-	3,00%	90,00	90,00	90,00	90,00
manutenção					
6. Juros sobre custeio ⁽⁴⁾	8,75%	53,17	37,75	58,46	74,94
Total Geral		2.179,28	1.619,16	2.364,70	2.957,83

Fonte -Tabela de custeio de produção utilizada pelos técnicos agrícolas dos Perímetros Irrigados do Ceará.