



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM AGRONOMIA

ADRIANO DA SILVA GAMA

PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ SOB IRRIGAÇÃO (*Euterpe oleracea* Mart.)

Belém - Pará

2012



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM AGRONOMIA**

ADRIANO DA SILVA GAMA

PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ SOB IRRIGAÇÃO (*Euterpe oleracea* Mart.)

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”.

Orientador: Dr. Paulo Roberto da Silva Farias

Belém - Pará

2012

Gama, Adriano da Silva

Produtividade de açaí sob irrigação (*Euterpe oleracea* Mart.) / Adriano da Silva Gama. – Belém, 2012.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012.

1. Açaí - Entressafra 2. Sazonalidade I. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

MESTRADO EM AGRONOMIA

ADRIANO DA SILVA GAMA

PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ SOB IRRIGAÇÃO (*Euterpe oleracea* Mart.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Fevereiro de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Paulo Roberto da Silva Farias - Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dr. João Tomé Farias Neto - 1º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dr. Edson Marcos Leal Soares Ramos - 2º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dr. Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza - 3º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Sumário

RESUMO	6
ABSTRACT	6
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	7
1.1 REVISÃO DE LITERATURA	8
1.1.2 Gênero euterpe	10
1.1.3 Importância econômica.....	11
1.1.4 Patentes.....	13
1.1.5 Usos da espécie.....	15
1.1.6 Manejo de açazeiros	17
1.1.7 Irrigação.....	18
1.1.8 Estudo comparativo entre açazais irrigados e não irrigados	20
1.1.9 Custo operacional	21
1.1.10 Produtividade.....	21
1.1.11 Análise de correspondência	22
1.1.12 Análise geoestatística	23
1.1.13 Semivariograma.....	24
1.1.14 Krigagem	25
1.1.15 Mapeamento da produtividade	26
1.1.16 Hipótese.....	27
2. PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ SOB IRRIGAÇÃO (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)	27
2.1 INTRODUÇÃO.....	27
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
2.2.2 ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA (AC).....	31
2.2.3 ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL	33
2.2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
3. CONCLUSÕES	43
4. REFERÊNCIAS	44

RESUMO

A expansão do mercado de frutos vem estimulando muitos agricultores no plantio comercial do açaizeiro. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produtividade de frutos, total de cachos emitidos durante safras de açaí irrigado a partir do uso de geoestatística. Selecionou-se para a coleta, uma quadra com 8.375 plantas em uma área de 13,4 hectares, o que equivale a 625 plantas/hectare, retirando da mesma 648 pontos amostrais. A variabilidade espacial da variável PFP de açaí revelou que o seu semivariograma é de dependência espacial moderada, para as variáveis analisadas, principalmente nos meses de maior produção. As maiores produções de açaí irrigado concentraram-se nos meses que vão de julho a dezembro com um peso médio de frutos de 2,50 kg, e tiveram redução entre janeiro e maio, onde registrou-se 1,80 kg. O elevado número de cachos presentes por planta pode ter distribuído as possíveis variações de PFP no pomar. O modelo teórico que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais para PFP e NCP foi o modelo esférico. Os mapas temáticos gerados pela estimativa da técnica da geoestatística evidenciaram a variabilidade espacial dos atributos de produção de frutos.

Palavras-chave: Açaí, Entressafra, Sazonalidade, Variograma.

ABSTRACT

The expansion of the fruit has encouraged many farmers to plant commercial açaí. The objective of this study was to evaluate the productivity of fruits, total emitted during bunches of açaí irrigated crops from the use of geostatistics. It was selected for the collection, a 8.375 court with plants in an area of 13.4 hectares, equivalent to 625 plants / hectare, taking the same 648 sample points. The spatial variability of the variable PFP açaí semivariogram showed that it is of moderate spatial dependence for the variables analyzed, particularly in the months of highest production. The highest yields of irrigated açaí concentrated in the months ranging from July to December with an average fruit weight of 2.50 kg and had a reduction between January and May, where there was 1.80 kg. The high number of bunches per plant present may have distributed the possible variations of PFP in the orchard. The theoretical model that best fitted the experimental semivariograms for PFP and NCP was the spherical model. Thematic maps generated by geostatistical estimation technique showed the spatial variability of the attributes of fruit production.

Keywords: Açaí, Offseason, Seasonality, Variogram.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A família Arecaceae, a qual pertence o açaí, se destaca por seu valor econômico, medicinal, ecológico e de suas potencialidades de exploração biotecnológica. O suco de açaí é fonte de vitamina E, fibras, cálcio, magnésio e potássio, destaca-se também quanto ao teor de lipídios Pereira et al. (2002).

Entre os diversos fatores que causam dificuldade na produção de frutos, pode ser citada a nutrição da planta, polinização deficiente ou ausente, estiagem prolongada, competição, ataque de insetos e doenças, que podem contribuir para a redução da produção de frutos. A expansão do mercado de frutos vem estimulando muitos agricultores no plantio comercial do açaizeiro (HOMMA, 2007; INPA, 2011).

A importância da propriedade intelectual vem fazendo com que países, empresas, pesquisadores e universidades busquem a proteção de suas descobertas científicas, entre as descobertas feitas no Brasil, apenas 19,8% destes são solicitados por depositantes nacionais sendo principais áreas de interesse estão ligadas área farmacêutica e cosmética (INPI, 2011).

A produção do fruto do açaizeiro na entressafra mediante técnicas de manejo, da irrigação e da obtenção em outros locais, constituem procedimentos que os produtores estão adotando, criando ilhas de eficiência mediante processo de erro/acerto, pois ainda são poucos os investimentos realizados). O aumento do consumo interno e de exportações nacionais e internacionais vem causando a elevação dos preços, principalmente no período da entressafra. O reflexo imediato da valorização do produto resultou na expansão de açazais manejados, em áreas de várzeas, e tem estimulado a implantação de cultivos racionais em terra firme (FARIAS NETO, 2011).

A obtenção do fruto na entressafra permite cobrir os custos operacionais com lucro líquido. Para Queiroz et al. (2000) os mapas de produtividade podem ser utilizados como o ponto inicial, a fim de avaliar as causas da variabilidade de produtividade, bem como verificar as causas passíveis de modificações e as respostas econômicas e de impacto ambiental que o sistema de manejo, em locais específicos, pode trazer.

Com base nas informações apresentadas, este trabalho teve por objetivo mapear e avaliar os comportamentos espaciais das variáveis: Peso de frutos/planta (PFP) e o número de cachos/planta (NCP), em um pomar comercial de açaí sob irrigação através do uso de geoestatística. A hipótese é que o açaizeiro, manejado adequadamente é capaz de superar a condição de sazonalidade, reduzindo a falta de frutos para comercialização.

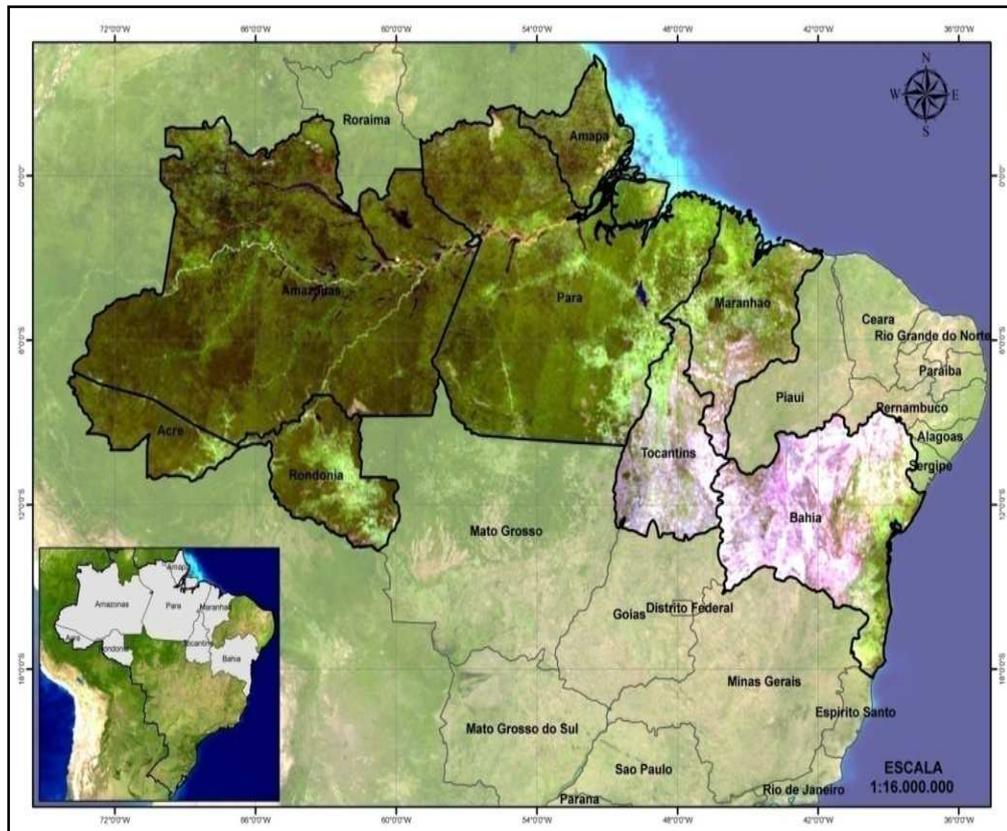
1.1 REVISÃO DE LITERATURA

A Floresta Amazônica é caracterizada pela sua alta diversidade biológica, tanto animal como vegetal. Dentro dessa diversidade destaca-se um grupo muito particular de plantas da família *Arecaceae* denominadas popularmente de “palmeiras”, as quais além do potencial alimentar são também fornecedoras de óleos, gorduras, essências, ceras, bálsamos, resinas e uso paisagístico. A grande maioria das espécies de palmeiras do gênero *Euterpe* ocupa regiões consideradas quentes e úmidas, sendo raras as de regiões secas e frias. Portanto, são plantas de climas tropicais, geralmente ocupando áreas interioranas e costeiras, inclusive grandes altitudes em alguns países (SODRÉ, 2005).

O fenômeno da domesticação, que consiste em adaptar plantas que se encontram na natureza e que apresentam alguma utilidade para o homem em plantios comerciais tem se intensificado na Amazônia (Cacau, Cupuaçu, Buriti, Bacuri, Seringueira, Castanha do Brasil, Uxí, Pupunha, Tucumã, Bacaba, Priprioca, etc). Várias plantas amazônicas já são cultivadas, favorecidas pela adaptação realizada com melhoramentos genéticos, adaptação climática, ganho de produtividade e resistência a pragas. Muitos produtos extrativos da Amazônia já mostram a incapacidade de atender o crescimento da demanda, entre eles a procura pelo açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), que começou a ganhar espaço no cenário nacional como um produto alimentício diferenciado.

Os principais Estados produtores de frutos do açaí no Brasil são: Pará, Maranhão, Acre, Amazonas, Amapá, Rondônia, Bahia e Tocantins, respectivamente (IBGE, 2011) (Figura 1). Destaca-se ainda a entrada de novos Estados interessados em explorar comercialmente o fruto, como Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul que iniciaram projetos de adaptação do açaí para exploração.

FIGURA 1. Os principais Estados produtores de frutos do açaí no Brasil.



De acordo com Pereira et al. (2002), o suco de açaí é fonte de vitamina E, fibras, cálcio, magnésio e potássio, destaca-se também quanto ao teor de lipídios, sendo capaz de fornecer 65% das necessidades de um homem adulto fazendo com que seja considerado um dos frutos mais nutritivos cultivados na Amazônia.

Pouco se conhece qual o potencial produtivo da planta já que quase não existem plantios comerciais em grande escala, No estado do Pará, 80 % do açaí produzido é de manejo extrativista de várzeas (EMBRAPA, 2006). Entre os diversos fatores que causam dificuldade na produção de frutos, pode ser citada como fatores importantes a nutrição da planta, polinização deficiente ou ausente, estiagem prolongada, competição, ataque de insetos e doenças, que podem contribuir para o baixo peso médio do cacho (INPA, 2011).

Os dados sobre produtividade de frutos do açazeiro ainda são inconsistentes, pois não estão devidamente consolidadas as práticas culturais e de manejo mais eficientes para a cultura. O plantio irrigado em áreas de terra firme e o zoneamento

climático da cultura podem ampliar a obtenção de frutos para as diferentes épocas do ano (HOMMA, 2006).

O conhecimento do padrão de distribuição espacial pode fornecer informações sobre a ecologia, estratégias de manejo e/ou conservação, processos de amostragem e demonstrar o comportamento de vários fenômenos naturais, permitindo realizar inferências sobre valores associados a coordenadas (X, Y e Z) de cada ponto (ANJOS, 2004). O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de açaizeiros sob irrigação e a distribuição espacial da produção através da ferramenta denominada geoestatística.

1.1.2 Gênero euterpe

Segundo Jones (1995), o açaizeiro pertence à família Arecaceae, que engloba, aproximadamente, 200 gêneros e cerca de 2600 espécies, e sua distribuição é predominantemente tropical e subtropical. Kahn (1997) aborda que na Amazônia esta família está representada por 39 gêneros. São consideradas domesticadas dentro dessa família apenas as seguintes espécies: o coqueiro (*Cocos nucifera*), dendezeiro (*Elaeis guineensis*), pupunheira (*Bactris gasipaes*), tamareira (*Phoenix dactylefera*), e a arequeira (*Areca catechu*). É uma palmeira cespitosa, formando touceiras com até 25 perfilhos (multicaule) em diferentes estádios de desenvolvimento (Figura 2a), mas esse elevado número de perfilhos pode reduzir a capacidade produtiva, pois acabam funcionando como drenos de nutrientes. As plantas adultas têm estipes (caules lenhosos) com folhas compostas, pinadas. A inflorescência do tipo rácimo (cacho) possui flores estaminadas e pistiladas (Figura 2b) (JARDIM, 2000).

FIGURA 2. (a) Perfilhos, (b) Inflorescência. 2010.



O fruto do açaizeiro é uma drupa globosa, de 1 a 2 cm de diâmetro e peso médio de 1,5 gramas (Figura 3). O epicarpo, dependendo do tipo, é roxo ou verde na maturação. O mesocarpo volumoso em polpa envolve o endocarpo volumoso e duro que acompanha a forma do fruto e contém a semente em seu interior (OLIVEIRA; CARVALHO; NASCIMENTO, 2000). Popularmente o que chamam de semente é o pirênio, pois a semente é ainda envolvida pelo endocarpo (NASCIMENTO et al, 2005). A semente apresenta na maturação um endosperma sólido do tipo ruminado e um embrião pequeno, mas desenvolvido.

FIGURA 3. Fruto do açaizeiro, 2010.



1.1.3 Importância econômica

O Estado do Pará é o principal centro de dispersão natural dessa palmácea e até pouco tempo, o mercado do açaí era restrito as demandas locais e/ou regionais. A partir de pesquisas passou a ser visto como produto energético e com alto valor nutricional, estando agora entre os produtos bastante consumidos pelos brasileiros e em outros países (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2006; KANG et al., 2011). A maior parte dessa produção de frutos provém do extrativismo, não garantindo frutos de qualidade e nem produções contínuas (sazonalidade), havendo necessidade de serem desenvolvidos estudos que viabilizem seu cultivo (HOMMA, 2006).

A expansão do mercado de frutos vem estimulando muitos agricultores no plantio comercial do açaizeiro, esse estímulo pode ser observado na grande evolução nas áreas plantadas e na produção (Gráfico 1 e 2), segundo dados da SAGRI (2010), a produção nacional dos frutos de açaí somou, em 2009, 604.805 mil toneladas, sendo o Estado do Pará o principal produtor do fruto, com um rendimento de 9.784 kg/ha/ano. A principal forma de comercialização nacional do açaí é como suco pasteurizado/congelado, em embalagens de polietileno de 100g, 250g, 500g e 1(um) kg, e em tambores de 18 e 180 Litros. (SILVA; SILVA; PENA, 2008).

GRÁFICO 1. Evolução nas áreas plantadas e na produção. SAGRI. 2010.

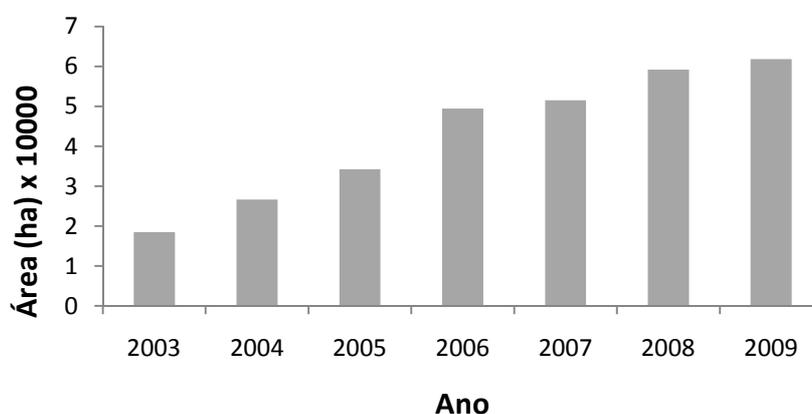
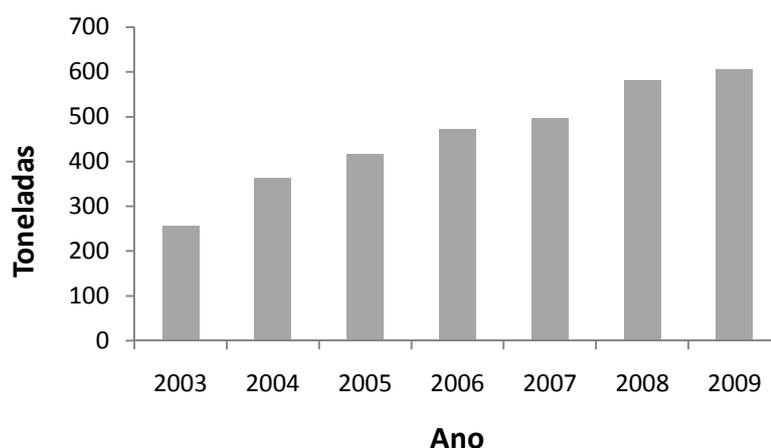


GRÁFICO 2. Expansão do mercado de frutos. SAGRI. 2010.



1.1.4 Patentes

A importância da propriedade intelectual vem fazendo com que países, empresas, pesquisadores e universidades busquem essa proteção, há uma crescente importância e, ao mesmo tempo, os institutos de pesquisa, as entidades e as empresas estão se preparando cada vez mais, depositando um número crescente de patentes, buscando proteção à propriedade intelectual.

Apesar da crise internacional, os indicadores de propriedade intelectual estão fechando 2011 em alta. Tanto marcas quanto patentes garantem recordes históricos. Durante o ano de 2011, foram feitos 30.617 pedidos de patentes, contra 28.052 solicitados em 2010. Para as marcas, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), registrou o total de 143.435, contra 129.620 pedidos de marcas nos 12 meses do ano passado (INPI, 2011).

O INPI estima que em 2011 o total de pedidos de patentes depositadas pode chegar a 35 mil quando computadas as que ingressam pelo sistema PCT (depósito internacional de patentes) e o de marcas deve aproximar-se em 150 mil. Os índices revelam o bom momento do país, mas também a conscientização da sociedade brasileira sobre a importância da propriedade intelectual.

Um estudo realizado por Yanai e Faria (2009) apresentou o panorama das patentes relacionadas à marca açaí, tendo em vista sua importância econômica. Utilizando bases de referência de dados referentes às patentes do fruto açaí, verificou-se que a partir do ano de 2000, houve um aumento nos pedidos de patentes relacionados ao nome do fruto (Gráfico 3), entretanto, apenas 19,8% destes são solicitados por depositantes nacionais (Brasil) e as principais áreas de interesse estão ligadas área farmacêutica e cosmética, produtos agrícolas, alimentares e química de base, mostrando que 80,2% das pesquisas para fins econômicos pertencem a outros países, demonstrando assim, o interesse de outros países na flora e fauna amazônica (Gráfico 4).

GRÁFICO 3. Expansão do número de patentes/marcas (Adaptado: Yanai e Faria, 2009).

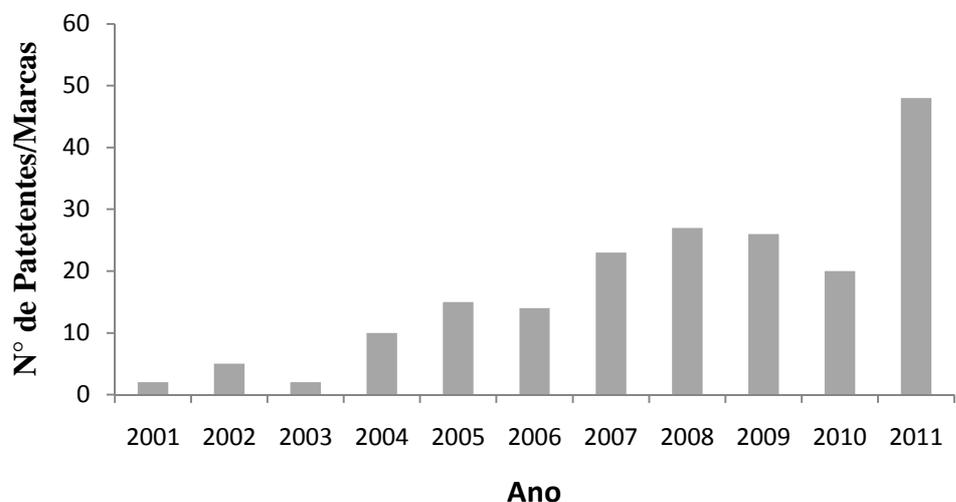
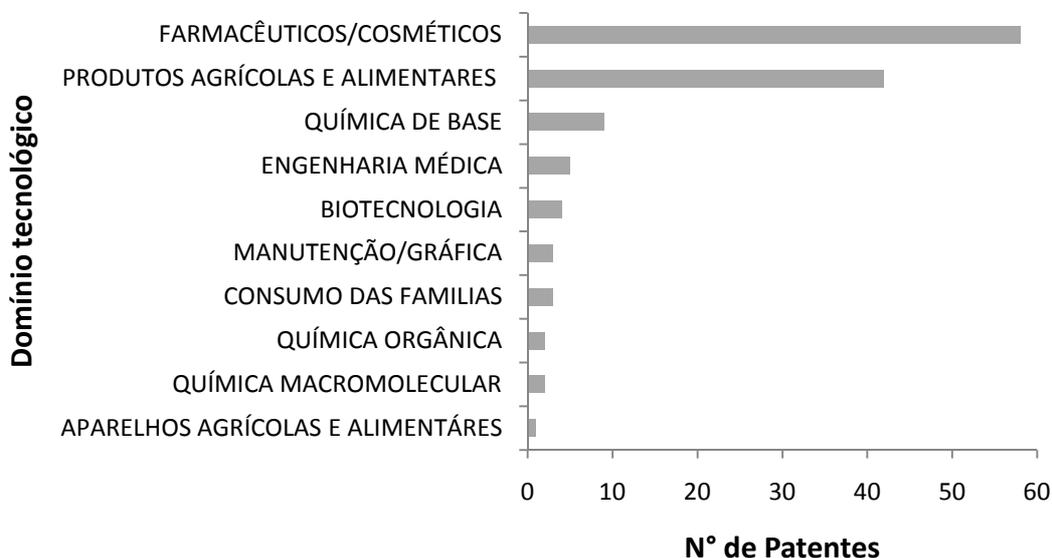


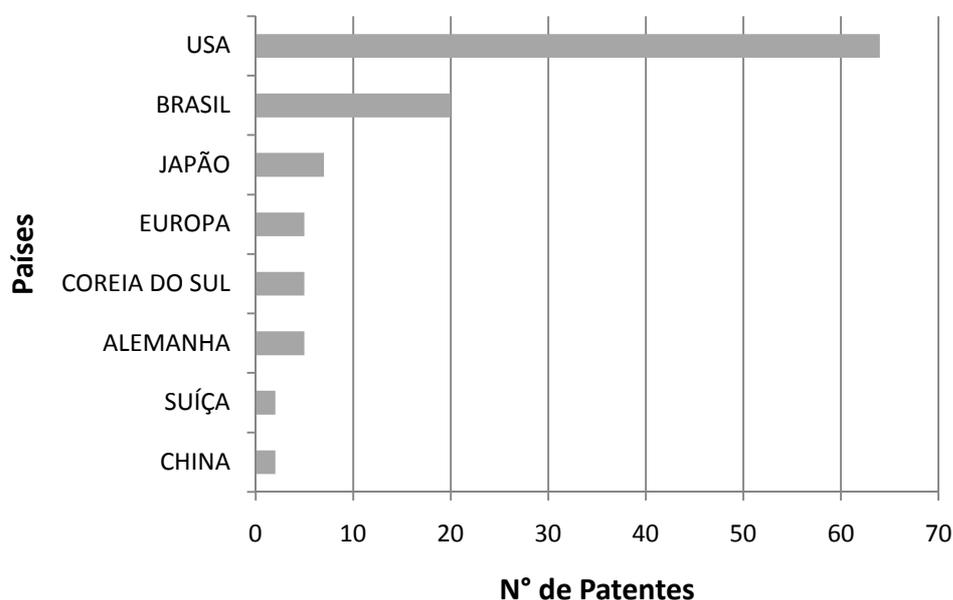
GRÁFICO 4. Principais domínios tecnológicos para açaí (Fonte: Yanai e Faria, 2009).



Em 1999, dois americanos vieram ao Brasil para férias e conheceram o suco de açaí. No ano seguinte, criaram a empresa *Sambazon*TM, uma das primeiras a importar o suco e conseguir destacá-lo como produto alimentício no mercado americano, despertando o interesse mundial. Segundo dados de institutos de marcas registradas o nome do fruto foi registrado na Europa em 2001 e em 2003 no Japão como marca e foi

recuperado em 2007 para o Brasil. O cupuaçu, por exemplo, estava registrado como marca em três países - Alemanha, EUA e Japão. Após intensas negociações, o Brasil obteve ganhos nos três países e conseguiu cancelar o registro em 2004. O *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) tem atualmente registrado 158 marca/patentes ativas para o termo açaí, outras 102 marca\patentes tiveram problemas com o registro da marca em seus produtos e desistiram do processo de registro, além do Brasil outros países também se interessam pelo nome açaí em seus produtos (Gráfico 5) (USPTO, 2011).

GRÁFICO 5. Principais países com patentes de açaí (Fonte: Yanai, 2009).



1.1.5 Usos da espécie

Atualmente, a indústria de produção de carvão vegetal, vem aproveitando de caroços de açaí como matéria-prima, a composição química mostra que o caroço tem uma boa quantidade de celulose, lignina e um baixo teor de cinza e umidade que são de grande importância para a produção de briquetes energéticos e que podem ser utilizados como carvão vegetal de boa qualidade (SILVA, 2002). A utilização dos briquetes energéticos dos resíduos de açaí, como fonte energética é uma solução viável, sendo um dos pontos favoráveis a fácil aquisição do resíduo.

Outros produtos têm surgido no mercado tais como: açaí pasteurizado ou em combinações com xarope de guaraná e doce de leite ou ainda açaí em pó solúvel, bebidas energéticas, cosméticos, suplementos alimentares, emagrecedores, etc. O fruto possui uma formidável concentração de antioxidantes que ajudam a combater o envelhecimento prematuro de células, contendo um volume 10-30 vezes maior de antocianinas (antioxidantes roxos) se comparado ao vinho tinto (KANG, 2011; ROGEZ, 2011). A antocianina é conhecida por suas potentes propriedades terapêuticas entre os quais se inclui o tratamento de retinopatia diabética e de doença fibrocística da mama em seres humanos. Entre os potenciais efeitos fisiológicos das antocianinas incluem-se agentes radioprotetores, químioprotetores, vasoprotetores e antiinflamatórios (OLIVEIRA, 2011).

A avaliação de parâmetros físico-químicos e da atividade antirradical livre do suco permite uma boa caracterização quanto aos compostos bioativos presentes. Segundo Canuto (2010), observa-se boa correlação entre atividade antirradical livre e teores de ácido ascórbico e, principalmente, compostos fenólicos totais com destaque para a acerola e o açaí.

A principal antocianina no açaí é a cianidina-3 glucosídeo, que é comprovadamente 3,5 vezes mais forte do que Trolox (análogo da vitamina E) e é usado em aplicações biológicas ou bioquímicas para reduzir o estresse ou dano oxidativo de células. (MENEZES, 2008; YUYAMA, 2011). Para Homma et al. (2009), a expansão do consumo do suco de açaí está promovendo a transformação do beneficiamento tradicional por modernas indústrias, a exclusão social dos consumidores de menor poder aquisitivo e a introdução de novos sistemas de plantio e coleta do fruto, visando aumentar a produtividade da mão-de-obra e da terra.

A obtenção do fruto do açazeiro na entressafra mediante técnicas de manejo, da irrigação e da obtenção em outros locais, constituem procedimentos que os produtores estão adotando, criando ilhas de eficiência mediante processo de erro/acerto, pois ainda são poucos os investimentos realizados. A busca da qualidade e sanidade, bem como a redução do conteúdo de água no suco para reduzir os custos de transporte é importante para ampliar a exportação para outras partes do país e do mundo.

As novas possibilidades do uso do fruto de açaí devem ser acompanhadas de maiores investimentos em ciência e tecnologia, para garantir os direitos de propriedade

intelectual, já que os pedidos de patentes sobre o tema vêm crescendo significativamente desde 2001, tendo o Estados Unidos da América como maior requisitante, e tendo os laboratórios farmacêuticos e empresas agrícolas como seguimentos de maior interesse. O fruto do açazeiro deve ser o novo produto a ser consumido em todo o país e no mundo como aconteceu com o guaraná e atingindo nichos de mercado de produtos funcionais (BASA, 2006).

O uso de cultivares adaptadas às diferentes condições de clima, solo e sistema de produção é o princípio fundamental para a obtenção de incrementos de produtividade e de qualidade. Os pesquisadores Oliveira e Farias Neto (2008), selecionaram plantas, com produção acima de 25 kg de frutos/planta/ano, algo em torno de 2,08 kg por mês. Aos três anos de idade, os valores médios de número de cachos/planta (4,4) e altura do 1º cacho (112 cm) foram considerados vantajosos em relação à população original. Estimando-se que, no 5º ano, a produtividade possa ser de quatro toneladas e, a partir do 6º (sexto) ano, ocorram aumentos progressivos que poderão alcançar 10 toneladas de frutos no 8º (oitavo) ano.

1.1.6 Manejo de açazeiros

As produções de frutos provem em quase toda sua totalidade do extrativismo, em algumas regiões onde se adotou o manejo, os plantios foram implantados em áreas de várzea e/ou de terra firme, localizadas em áreas com alta precipitação pluviométrica, podendo ser compostos por sistemas solteiros ou consorciados com outras culturas, com e sem irrigação dependendo da capacidade de investimentos do produtor.

O interesse pela implantação da produção de frutos tem se dado pelo fato do açaí, antes destinado totalmente ao consumo local, ter conquistado novos mercados nacionais e internacionais e se tornado uma importante fonte de renda e de emprego (HOMMA, 2006). Para Homma (2006), o aumento do consumo interno regional (70%) e de exportações nacionais (25%) e internacionais (5%) vem causando a elevação dos preços ao consumidor local, principalmente no período da entressafra, que ocorre entre os meses de janeiro a junho. Dados do Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (Dieese) mostram que de janeiro a maio de 2010, o preço do açaí médio sofreu um reajuste recorde de 80,12% (ORM, 2010). O reflexo imediato da

valorização do produto resultou na expansão de açazais manejados, em áreas de várzeas, e tem estimulado a implantação de cultivos racionais em terra firme.

A produção anual de frutos no sistema de extrativismo se mantém por volta de 4,5 toneladas/hectare, mas é esperado um sensível aumento quando as áreas de açazais manejados apresentarem níveis satisfatórios de produtividade, podendo alcançar até oito toneladas por hectare. Segundo a EMBRAPA (2006), do total colhido, cerca de 20% é consumido pelas famílias no local de produção. Nas áreas destinadas para a produção de frutos, normalmente, são eliminados os estipes de açazeiros excedentes das touceiras, deixando-se no máximo três ou quatro estipes e, também, algumas plantas de outras espécies, com vistas à redução da concorrência por água, luz e nutrientes, no sistema de consócio entre espécies (EMBRAPA, 2006). Ambos os casos provocam sensíveis alterações nos fatores que afetam a produtividade. O manejo do açazeiro tem a condição de modificar a capacidade de suporte para uma capacidade limite, equivalente a de um plantio racional. Com isto, são alterados os custos de extração, a rentabilidade, a produtividade máxima e o ponto ótimo econômico (EMBRAPA, 2006).

Nos últimos anos, com a valorização dos frutos do açazeiro, existe a tendência de adensamento desta espécie. Nas áreas mais próximas do mercado e com facilidades de transporte, a extração dos frutos do açazeiro tem sido mais lucrativa e vantajosa. Apesar da grande disponibilidade de estoques de açazeiro, estes podem ser aumentados com a prática de manejo. O cenário futuro para a expansão do cultivo do açazeiro está relacionado com o crescimento dos mercados de fruto e palmito, fato que pode motivar a implantação de cultivos racionais, em outras regiões do Brasil.

1.1.7 Irrigação

A disponibilidade de água no solo é fator primordial no crescimento do açazeiro. Há relatos de que o déficit hídrico provoca a diminuição nas atividades fisiológicas do açazeiro (fotossíntese, condutância estomática e transpiração). O plantio do açazeiro é realizado, preferencialmente, nas áreas de clima Afi, mas é possível cultivá-lo sob clima Ami e até mesmo Awi, desde que haja a suplementação de água através de sistemas de irrigação nos períodos de menor precipitação pluviométrica.

Em cultivos de açazeiro, na Amazônia, a irrigação vem sendo realizada de forma empírica, pois não existem estudos específicos sobre sua necessidade hídrica. Nesta região, a irrigação é empregada durante o período de estiagem, na forma de irrigação suplementar, em cultivos estabelecidos em solos de terra firme e submetidos aos tipos climáticos Ami e Awi, que apresentam períodos de estiagem de três a cinco meses.

Por ser uma espécie de ambiente úmido, o açazeiro é muito exigente em água (Tabela 1). Assim é aconselhável o uso de irrigação, principalmente nos locais onde o período de estiagem é prolongado. A partir do terceiro ano, quando as plantas iniciam a floração, é conveniente adotar o sistema de irrigação por aspersão, que possibilite maior disponibilidade ou vazão de água (EMBRAPA, 2006). Essa prática é essencial no período de implantação da cultura, quando as plantas necessitam de umidade em quantidade suficiente para a absorção de nutrientes e para não sofrerem estresse hídrico (CALBO; MORAES, 2000).

TABELA 1. Estimativa do consumo de água por touceira de açazeiro, mensurado no experimento instalado na base física de Tomé-Açú, PA.

Idade	Número de estipes/touceira	Litros/touceira/dia	Litros/ha/dia
0 a 1 ano de plantio	1 a 2	40	16.000
2 a 3 anos de plantio	2 a 3	60	24.000
A partir do 3º ano	3 a 4	100	40.000

Fonte: Farias Neto *et al.*, 2011. Estimado pelo método de Blaney Criddle.

Como na maioria das palmeiras, o primeiro sintoma visível do déficit de água na planta manifesta-se pela não abertura completa dos folíolos e depois pelo retardamento no ritmo de abertura das folhas. Assim, em plantas com estresse por falta de água é comum encontrar no ápice duas ou mais folhas não completamente abertas e em forma de flecha. Esse fenômeno, em muitos casos, também está associado à deficiência de boro, pois a absorção desse nutriente fica limitada pela deficiência de água no solo (HAAG *et al.*, 1992; FARIAS NETO *et al.*, 2011).

O déficit hídrico ocasiona perda foliar em decorrência do fechamento dos estômatos, menor transpiração e consumo de CO₂ (Fotossíntese). Em consequência disso, há a aceleração da senescência, da abscisão de folhas e finalmente a morte da planta. No solo causa a desidratação do tecido vegetal em função da perda da

turgescência celular, o que afeta os processos de divisão, expansão celular, fotossíntese, produção e translocação de assimilados podendo levar à morte, dependendo da intensidade e duração do déficit. A utilização de um sistema de irrigação no cultivo de açazeiro tem como principal vantagem à produção contínua de frutos, especialmente na entressafra, época que o preço pode alcançar o triplo em relação ao da safra, garantindo assim, maior lucro ao produtor (FARIAS NETO et al., 2011; DIMENSTEIN, 2008).

1.1.8 Estudo comparativo entre açazeiros irrigados e não irrigados

Os resultados alcançados em observações realizadas em açazeiros com idade de 3,5 a 4 anos demonstram as vantagens da utilização da irrigação (FARIAS NETO, 2011). A seguir, apresentam-se as principais características encontradas em cultivo de açazeiro irrigado e sem irrigação em estudo realizado na mesorregião do nordeste paraense, município de Tomé-Açu com espaçamento 5m x 5m.

Para açazeiro Irrigado: Lançamento contínuo de folha e inflorescência (1folha/1inflorescência); Produção ininterrupta; Cachos com mais frutos/pesados. Não influenciou na precocidade na produção de frutos; Maior altura da planta/internó/cacho.

Para Açazeiro não irrigado: Alta queda de frutos; Falhas nos lançamentos das espigas, definindo período de entressafras (em média quatro internós); Menor altura de plantas, baixo nível de sombreamento e maior ocorrência de invasoras. No experimento irrigado apesar da altura da emissão do primeiro ter sido duplicada o peso médio de frutos por cacho aumentou cerca de quatro vezes (Tabela 2).

TABELA 2. Valores médios obtidos no experimento de açazeiro com quatro anos de idade, instalado na base física de Tomé-Açu sob irrigação tipo microaspersão.

Parâmetros	Não irrigado (N=140 plantas)		Irigado (N=362 plantas)	
	APC (m)	PMF (kg)	APC (m)	PMF (kg)
Média geral	1,0	1,0	2,0	4,73
Intervalo de variação	0,50 – 1,65	0,1 – 3,74	0,8 – 3,0	0,216 – 2,59
Média (50 plantas)*	-	-	-	9,00

Fonte: Farias Neto et al., 2011.

n: número de plantas; APC: altura do primeiro cacho; PMF: peso médio de frutos.

* = média do total de produção de frutos em touceiras com número mínimo de três perfilhos.

1.1.9 Custo operacional

Para Homma (2009), em seu estudo referente ao custo operacional de produção da lata de açaí obtida com irrigação por microaspersão, pode alcançar até R\$ 9,27, valor este, bastante inferior, em comparação ao obtido na irrigação por aspersão que equivale a R\$ 13,78 considerando uma produtividade de 120 latas/hectare (HOMMA et al., 2007). A obtenção do fruto na entressafra permite cobrir os custos operacionais com lucro líquido equivalente a quase o dobro desse valor. Entretanto, nesse estudo não estão incluídos os custos de implantação da cultura e os custos ambientais decorrentes da utilização da água (outorga).

Entre os itens de custos operacionais mais importantes, destacam-se a mão-de-obra, o consumo de energia elétrica na irrigação, que pode ter preço diferenciado se utilizado somente no período da noite, fertilizantes, adubos e a depreciação do conjunto de motobomba e equipamentos ao longo de sua utilização (Tabela 3).

TABELA 3. Custo operacional/hectare de cultivo de açaizeiro irrigado por microaspersão. Espaçamento de 6 m x 6 m (300 touceiras/ha) e produtividade de 596 latas/hectare. Julho 2008 (Fonte: HOMMA, 2009).

Itens	Custo (R\$)
Mão-de-obra	2075,07
Insumos	2378,8
Equipamentos leves	90,02
Depreciação	978,67
Custo operacional	5.522,56
Receita bruta	11.920,00
Receita líquida	6.397,44
Custo açaí (Lata)*	9,27

* Produtividade (8.468 kg.ha⁻¹)

1.1.10 Produtividade

Os dados sobre produtividade de frutos do açaizeiro são ainda inconsistentes em relação a sua produtividade, pois não estão devidamente consolidadas as práticas culturais e de manejo mais eficientes para a cultura. Além disso, não existem variedades

ou cultivares definidas, e os pomares estabelecidos com sementes de polinização aberta são oriundos de plantas de populações naturais, sem nenhum critério de seleção. O início do ciclo de produção de frutos começa aos quatro anos após o plantio (OLIVEIRA, 2002).

Dentro de uma touceira, a planta-mãe é a primeira a entrar em fase de produção. Segundo Oliveira et al. (2002), a produção dos dois primeiros anos é insignificante. Em estudo realizado por Oliveira (2002), observaram-se incrementos significativos na produção até o décimo primeiro ano, quando a produção de frutos por touceira atingiu valor de 42,2 kg, decrescendo nos anos subsequentes.

Em açaiçais nativos, manejados para a produção de frutos, com densidade de 1.500 plantas/hectare e cerca de 53% delas em fase de produção foi registrada produtividade de até 9.000 kg de frutos/ hectare. Por outro lado, para açaiçais não-manejados a produtividade foi de apenas 4.500 kg de frutos/ hectare, em decorrência da baixa densidade de plantas/hectare (NOGUEIRA, 1997).

A preocupação com a expansão do mercado consumidor e a limitação da oferta extrativa do recurso forçou uma mudança de atitude nos extratores, que passaram a buscar alternativas de exploração sustentável do açaí, fazendo uso de inovações tecnológicas no processo de produção com o uso de irrigação, adubação e manejo.

1.1.11 Análise de correspondência

A concepção geral da Análise de Correspondência (AC), entre outros aspectos, é que nela se permite a inclusão de variáveis categóricas, apropriadas para dados nominais. Recebe esse nome pelo fato de estudar a correspondência entre variáveis. Conforme Carvalho e Struchiner (1992), este método permite a visualização gráfica das relações mais importantes de um grande conjunto de variáveis entre si (categóricas e contínuas categorizadas). A AC parte de uma matriz de dados representados por uma tabela de contingência e converge para um gráfico que exhibe as linhas e as colunas da matriz como pontos de um espaço vetorial de dimensão menor que o original, de maneira a estabelecer relações entre linhas, colunas, e entre linhas e colunas, que possam ser facilmente visualizados e interpretados (FÁVERO, 2009 e RAMOS, 2008).

A AC Simples (AC de Tabelas de Contingência) em sua forma básica consiste na aplicação de tabelas de contingência de dupla entrada. Segundo Hair (2005), a

geometria da AC simples fornece as regras básicas para a sua interpretação. Todas as outras formas de AC são aplicações do mesmo algoritmo e outros tipos de matrizes de dados, com adaptações na sua interpretação.

De acordo com Mingoti (2005) e Ho (2006), na representação bidimensional, é possível verificar a projeção dos pontos originais sobre esse plano, mas não é possível averiguar quais deles estão mais próximos ou mais distantes. O ideal é ter o conhecimento da geometria de um conjunto de pontos em um espaço multidimensional. Desse modo, a análise pode ser realizada através de um gráfico aproximado, de menor dimensão, e assim, identificar onde esse gráfico é preciso. Em outras palavras, é construir um modelo e saber onde os seus dados se ajustam ou não, visando melhorar a qualidade de ajuste aos dados.

A partir dos princípios geométricos da AC, é possível representar dentro do Espaço Euclidiano as distâncias entre os pontos linha e/ou coluna resultante da associação entre as variáveis da tabela de contingência. Assim tem-se o gráfico denominado “Mapa Perceptual” que facilita a visualização das relações existentes entre as variáveis (JOHNSON et al, 2007). Um dos pontos relevantes dessa técnica é que não há exigência de normalidade para a resposta estudada, e por conseqüência, os testes estatísticos aqui não são utilizados (ALVES, 2007).

1.1.12 Análise geoestatística

Segundo Lamparelli et al., (2001) a geoestatística é um conjunto de técnicas que estima valores regionalizados e espacializados de atributos ou características de determinada área a ser estudada, utilizando como ferramenta básica à interpolação, gerando como produto um mapa da área que represente um atributo de mínima variância.

A geoestatística foi desenvolvida como um método para caracterização e interpolação de padrões espaciais, onde há necessidade de incluir a distancias entre as observações, pois as informações oferecidas através de variâncias não são suficientes para explicar o fenômeno em estudo (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989; KRIGE, 1951). Matheron (1963) baseado nessas observações desenvolveu uma teoria denominada por ele de teoria das variáveis regionalizadas, contendo a base da geoestatística, conceituou variável regionalizada como uma função espacial numérica, que varia de um local para

outro, com continuidade aparente e cuja variação não pode ser representada por uma função matemática simples.

Os atributos não variam ao acaso, mas de acordo com uma dependência espacial (VIEIRA *et al.*, 1983). Portanto, há necessidade de se identificar o grau dessa dependência, e gerar um mapa preciso das variáveis analisadas. Segundo Vieira (2000), a geoestatística aplicada à agricultura de precisão tem por objetivo identificar, na aparente desordem entre as amostras, a medida da correlação espacial, realizar estimativas de valores em locais não amostrados a partir de alguns valores conhecidos na população e identificar inter-relações de propriedades no espaço, além de permitir estudar padrões de amostragem adequados.

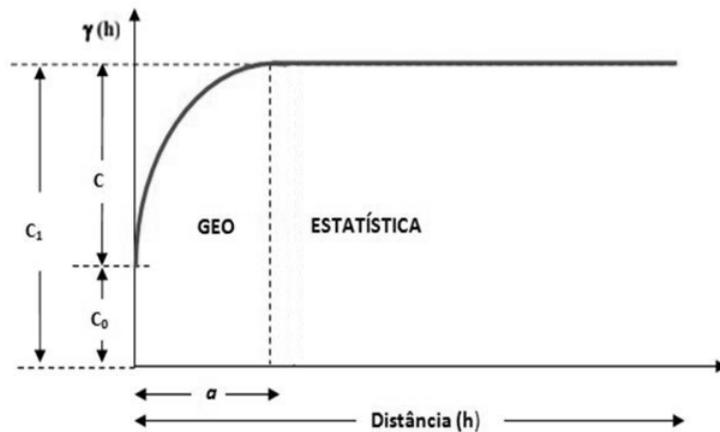
1.1.13 Semivariograma

O semivariograma é uma equação que relaciona a semivariância, com a distância e pode adquirir muitas formas, dependendo do conjunto de dados e do intervalo amostral (TRANGMAR *et al.*, 1985). O valor inicial do semivariograma é denominado de efeito pepita e se refere à variância não explicada ou ao acaso, freqüentemente causada por erros de medições de microvariações não detectadas pela escala de amostragem (VIEIRA, 2000).

Para fornecer informações mais precisas, os semivariogramas podem ser avaliados pela técnica conhecida como validação cruzada. Segundo Myers (1997), a validação cruzada consiste em remover uma observação do conjunto de dados e, usando-se um estimador e uma função ponderada relacionada com a distância, como a krigagem, estima-se o valor retirado utilizando os dados remanescentes. Tem-se, portanto, dois valores para o mesmo ponto, o real e o estimado.

O erro da estimação pode ser calculado pela diferença entre o valor real e o estimado, sendo repetido para cada local amostrado. O semivariograma melhor ajustado é aquele que possui o maior coeficiente de correlação entre os valores reais e estimados (VIEIRA, 2000). A obtenção do semivariograma é descrita como o primeiro passo no procedimento de uma análise geoestatística. Na verdade, ele é o passo mais importante porque o modelo escolhido será utilizado no processo de interpolação (krigagem) e influenciará todos os resultados interpolados e as conclusões (FARIAS *et al.*, 2002) (Gráfico 7).

GRÁFICO 7. Esquema do semivariograma experimental.



Onde:

Alcance (a): À medida que a distância entre os pares aumenta, a variabilidade tenderá a aumentar até atingir um determinado nível. À distância onde o variograma atinge este nível é denominado de alcance;

Patamar (C): Representa o nível de variabilidade onde o variograma se estabiliza. Este patamar deve ser teoricamente igual à variância amostral;

Variância Espacial (C_1): Representa as diferenças espaciais entre os valores de uma variável tomada em dois pontos separados por distâncias cada vez maiores;

Efeito Pepita (C_0): Para distância igual a zero ($h=0$), o variograma deveria apresentar variabilidade nula. Entretanto, vários fatores como erros de amostragens, erros de medidas ou ainda microregionalizações da variável em análise, causam uma descontinuidade na origem do variograma, denominado de efeito pepita.

1.1.14 Krigagem

O método de krigagem foi desenvolvido para solucionar problemas de mapeamentos geológicos, mas seu uso expandiu-se com sucesso no mapeamento de solos e outros campos correlatos (BURGESS e WEBSTER, 1981). A diferença entre a krigagem e outros métodos de interpolação é a maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras.

Existem vários métodos de interpolação de valores não amostrados, sendo krigagem fundamentado no método de estimação por medias moveis e com ótimas

propriedades. Na execução desse método, são levados em consideração os fatores que seguem: o número de dados e a qualidade dos pontos em cada posição dos dados com relação ao campo, a continuidade espacial das variáveis interpoladas e a distância entre os pontos e a área de interesse. Vieira (2000) considera como o melhor estimador porque produz menor variância do erro.

Segundo Landim (1998) é definido como um processo para se estimar valores de variáveis especialmente distribuídas a partir de valores adjacentes considerados dependentes pelo semivariograma.

1.1.15 Mapeamento da produtividade

De acordo com Molin (2000), o mapa de produtividade é um importante componente para agricultura de precisão, pois identifica e quantifica a variabilidade da produtividade das culturas e auxilia para o manejo específico nos próximos cultivos. Thylén et al. (1997), consideraram que o mapa de produtividade é um dos métodos mais corretos para estimar a heterogeneidade de um campo.

Stafford et al. (1999), utilizaram mapas de produtividade que foram gerados a partir de dados coletados através de monitores de colheita por mais de três safras. Observaram não apenas uma grande variabilidade de produtividade numa mesma safra, como também, uma falta de consistência no padrão desta variabilidade de uma safra para outra. A quantificação desta variabilidade, tanto espacial quanto temporal, permite identificar áreas com maior potencial produtivo, nas quais pode valer a pena um maior investimento em insumos para maximização da produtividade. Assim, não se pode usar um único mapa de produtividade, é necessário examinar não somente a variabilidade espacial, mas também a variabilidade temporal da produtividade da cultura ou dos atributos analisados.

Para Queiroz et al. (2000) os mapas de produtividade podem ser utilizados como o ponto inicial, a fim de avaliar as causas da variabilidade de produtividade, bem como verificar as causas passíveis de modificações e as respostas econômicas e de impacto ambiental que o sistema de manejo, em locais específicos, pode trazer.

1.1.16 Hipótese

O açaizeiro sob irrigação, manejado adequadamente é capaz de superar a condição de sazonalidade, reduzindo a falta de fruto na entressafra.

2. PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ SOB IRRIGAÇÃO (*Euterpe oleracea* Mart.)

2.1. INTRODUÇÃO

O Brasil exportou aproximadamente 2,2 milhões de dólares em frutas no ano de 2010, totalizando um volume de 2.149 toneladas (MAPA, 2011; ANDRIGUETO et al., 2010). No primeiro quadrimestre de 2011, a exportação de suco de frutas cresceu em 43,13% se comparada à igual período do ano de 2010. Os dados indicam que as frutas tropicais têm um grande potencial para ganharem mais espaço no mercado internacional. Apesar das exportações brasileiras estarem concentradas no mercado europeu, em 2010, o Brasil exportou frutas frescas para 61 países (FIEPA, 2011).

Segundo Farias Neto (2011), com a expansão do mercado nacional e internacional de açaí, além do manejo de áreas de várzeas, o plantio está expandindo-se em áreas de terra firme, pastagens degradadas e outras áreas abandonadas. Nesse sentido, a mesorregião do nordeste paraense tem despertado a atenção dos produtores no plantio de açaizeiros, muitos deles, procurando inovar técnicas de cultivo, visando a desenvolver sistemas de cultivos apropriados, aumentando a produtividade e a produção, tanto na safra como na entressafra (HOMMA et al., 2009).

Embora o consumo pela fruta tenha crescido bastante, pouco se conhece sobre a capacidade produtiva da planta sob o cultivo racional, diferenciando-o o açaí extraído de terraços fluviais e várzeas, onde diversos autores já haviam explorado o assunto. (POLLACK; WALLACH, 2001; MIRANDA et al., 2006).

A produtividade de culturas irrigadas é influenciada pela combinação da variabilidade espacial do solo e da aplicação de fertilizantes e da qualidade da água (BERGEZ; NOLLEAU, 2003). Diversos fatores podem estar relacionados à produtividade, a exemplo, teores elevados de nutrientes, disponibilidade carbono orgânico, nitrogênio, pH, condutividade elétrica, densidade do solo, saturação por bases,

armazenamento de água no solo, capacidade de infiltração de água no solo, umidade, ervas daninhas, pH, etc.

As culturas respondem diferentemente à variabilidade espacial existente em um campo de produção, originando um produto cuja qualidade e quantidades variam de forma espacialmente correlacionada com os fatores ambientais envolvidos.

Com o desenvolvimento de tecnologias e princípios apropriados para manejar as variabilidades espaciais e temporais associadas com os aspectos da produção agrícola, o uso desse conhecimento tem modificado a forma de trabalhar cada região de solo. A produtividade das culturas varia espacialmente, e determinar as causas dessas variações é o desafio que enfrenta a Agricultura de Precisão. As variações espaciais podem ser estudadas através de técnicas geoestatísticas que permitem elaborar mapas e delimitar áreas de manejo diferenciadas (FARIAS et al., 2002; MOLIN et al., 2007; MENEGATTI et al., 2004).

A agricultura de precisão (AP) pode ser definida como o gerenciamento da produção levando em consideração a variabilidade espacial tanto da produtividade quanto dos fatores relacionados a ela (MANZATTO et al., 1999, MOLIN et al., 2006). Segundo Queiroz et al. (2000), é a tecnologia cujo objetivo consiste em aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado de área na agricultura. Para Silva (2007), AP consiste em aplicação de tecnologias de avaliação e manejo da variabilidade espacial dos parâmetros das culturas e do solo (ROZA, 2000).

O estudo da variabilidade espacial da produtividade tem grande importância não só na coleta de amostras e interpretação de resultados, mas também no levantamento e classificação das unidades de manejo e no uso racional de insumos e água, pois cada resultado representa a informação real do que acontece no campo, o que nem sempre pode ser observado em experimentos de laboratório, como a demonstração da localização de áreas de maior e menor produção, ou outra variável que se deseje analisar (FARIAS et al., 2003; FARIAS et al., 2004).

A geoestatística, ferramenta estatística utilizada para estudar a variabilidade espacial, possibilita a interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, considerando a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem e consegue representar os mais diversos tipos de variações (SANCHEZ et al., 2009; SOUZA et al., 2010). Com base nas informações apresentadas, este trabalho teve por objetivo mapear e avaliar os comportamentos

espaciais das variáveis: Peso de frutos por planta (PFP), número de cachos por planta (NCP), em um pomar comercial de açaí.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

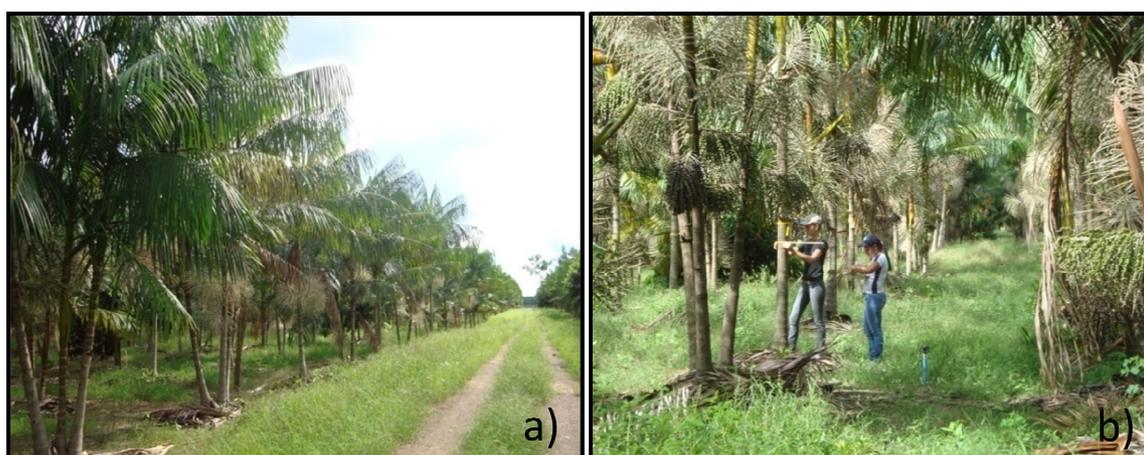
2.2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo esta localizada na Fazenda Barindaua, no município de Moju pertence à Mesorregião do Nordeste Paraense e à Microrregião Tomé-Açu. A sede da fazenda apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 02° 48'24.50" de latitude Sul e 49° 26'59.10" de longitude a Oeste Greenwich (Figura 4) . O município apresenta o clima do tipo Ami, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual é elevada, girando em torno de 25° C, seu regime pluviométrico fica, geralmente, entre 2.250 mm 3000 mm anuais. As chuvas, apesar de regulares, não se distribuem igualmente durante o ano. O período de janeiro a junho é o mais chuvoso, apresentando uma concentração de cerca de 80%, a umidade relativa do ar gira em torno de 85%.

O solo da região é caracterizado como Latossolo Amarelo, textura média, distrófico. A área analisada possui plantas com quatro anos de idade, o espaçamento utilizado 4 x 4 metros. O material genético não possui origem definida, tendo sido obtido de sementes de polinização aberta disponível na região.

A área irrigada corresponde a 80,28 ha, o sistema de irrigação é do tipo aspersor com lâmina de aplicação de 6 mm, com uma vazão média de 2.562 L/h e turno de rega de 01 (um) dia. No decorrer do ano, são efetuadas três aplicações de adubo, constituídas de 400 g/touceira, do formulado químico 10-28-20 (NPK), distribuídas em cobertura no entorno da planta.

FIGURA 4. Área utilizada no estudo (a, b), município de Mojú-PA – 2010.



Cada planta teve sua posição espacial georreferenciada com a utilização de um aparelho GPS (Sistema de posicionamento global), modelo *Garmim 12*, as coordenadas utilizadas no sistema UTM (Universal Transversa de *Mercator*), selecionou-se para a coleta, uma quadra com 8.375 touceiras em uma área de 13,4 hectares, o que equivale a 625 touceiras/hectare.

A malha amostral contava com 36 linhas e 18 plantas por linha, intercaladas por uma planta não analisada, configurando uma amostragem aleatória sistemática, as plantas analisadas foram identificadas com uma fita amarela, estando nela à identificação da amostra e o número da planta, anotaram-se em planilhas o número total de cachos/touceira, o número de cachos maduros/touceira, a seguir procedeu-se a pesagem dos frutos.

As colheitas foram realizadas manualmente, em duas etapas, por ajudantes e somente nas plantas marcadas. Inicialmente era realizada por meio de planilhas, a contagem no número de cachos total na planta, e de cachos maduros na planta, posteriormente foram retirados todos os cachos maduros e realizada a pesagem de frutos de cada cacho em sacolas com peso desprezível, com balança tipo mola (Modelo *Performance plus*) com capacidade de até 20 kg e precisão de 0,5 kg (Figura 5 a e 5b). Esse processo foi realizado durante oito meses entre os anos de 2010 e 2011.

FIGURA 5. Balança tipo mola (a), processo de pesagem (b).



A digitalização dos pontos amostrais foi feita no software *SUFER 8.0*, para que fosse possível construir uma base digital da área estudada, seguindo a metodologia proposta por Farias et al. (2003). A quadra, denominada A2 foi georreferenciada e, deste universo de touceiras de açai, foram selecionadas para a amostragem 648, em que

cada planta teve sua localização espacial conhecida. A produtividade foi obtida pela colheita mensal das plantas selecionadas. Sendo que na área de estudo ocorrem colheitas a cada 15 dias, realizadas pelo produtor.

As estatísticas descritivas (média, desvio padrão, máximos e mínimos, coeficientes de variação, assimetria e curtose), foram avaliadas por meio do pacote estatístico Minitab 14 (MINITAB, 2006).

A geoestatística foi executada para todas as variáveis que apresentaram ou não normalidade dos dados, gerando os semivariogramas experimentais e ajustando os modelos teóricos: esférico, exponencial, linear e efeito pepita quando houvesse ocorrência. A escolha do modelo deu-se com base no coeficiente de determinação (R^2), cujo maior valor pressupõe o melhor conjunto de parâmetros variográficos.

Para a análise do grau da dependência ou continuidade espacial de uma variável, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), pela qual a dependência espacial é forte quando o efeito pepita (C_0) é menor ou igual a 25% do patamar do semivariograma; é moderada quando está entre 25% e 75%, e fraca quando é maior ou igual a 75%. Validados os modelos teóricos, executaram-se as interpolações por krigagem para a obtenção dos modelos digitais, buscando uma estimativa sem tendência e com mínima variância para os valores em locais não amostrados.

2.2.2 ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA (AC)

Foram colhidos todos os cachos que se apresentassem maduros a fim de determinar qual categoria de peso esta mais associada a cada avaliação. Para isso, dividiram-se as produções em oito categorias para que assim fosse aplicada a técnica de análise de correspondência (Tabela 4), que consiste segundo Cunha Junior. (1997) na associação de variáveis categóricas de forma bivariada (Análise de Correspondência Simples-AC), por meio de um mapa perceptual/intuitivo onde, neste verifica-se a existência de proximidade (similaridade) entre o objeto proposto das variáveis em um específico estudo (Produção x Meses).

TABELA 4. Variável peso de frutos categorizados em oito classes.

Categorias de peso (kg)
0,5 – 0,99
1,0 – 1,49
1,5 – 1,99
2,0 – 2,49
2,5 – 2,99
3,0 – 3,49
3,5 – 3,99
> 4,0

O mapa perceptual/intuitivo foi definido por Hair et al. (2005) como representação visual das percepções de objetos de um indivíduo em duas ou mais dimensões. Para que a técnica estatística análise de correspondência possa ser aplicada de forma eficaz foi necessário que o par de variáveis analisado fosse submetido primeiramente ao teste do Qui-quadrado (χ^2). Onde seu cálculo é dado por

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}, \quad [1]$$

onde O_{ij} é a frequência observada e E_{ij} é a frequência esperada. A significância de χ^2 indica desvios significativos dos perfis linha em relação a seu centróide, com nível de significância α , geralmente $\alpha = 0,05$.

Após ter sido realizado o teste χ^2 o segundo teste de validação é o critério β , onde ele indica se aplicação da análise de correspondência entre as variáveis é válida ou não, ou seja, o valor resultante do teste deve apresentar significância estatística. O cálculo do valor do critério β é dado por

$$\beta = \frac{\chi^2 - (l-1)(c-1)}{\sqrt{(l-1)(c-1)}}, \quad [2]$$

onde χ^2 é o valor do qui-quadrado, l é o número de linhas, c é o número de colunas, O é a frequência observada e, E representa a frequência esperada (4). Se $\beta > 3$, as variáveis são ditas associadas entre si (dependentes) a um risco menor e igual que 5%, e conseqüentemente, aplicável nas respectivas variáveis a análise de correspondência. É recomendada a realização do critério β antes da aplicação da técnica, pois se o $\beta < 3$, não poderá ser aplicada a técnica, devido o critério indicar independência entre as variáveis.

Após a realização dos testes Qui-quadrado e critério β , realizou-se a análise dos resíduos com o objetivo de verificar quais categorias realmente possuíam associações significativas. O resíduo referente a cada cruzamento das categorias das variáveis em estudo Z_{res} é dado por

$$Z_{res} = \frac{O_{ij} - E_{ij}}{\sqrt{E_{ij}}}, \quad i = 1, \dots, l \quad \text{e} \quad j = 1, \dots, c \quad [3]$$

Além disso, Ramos et al. (2008) recomenda que deve-se calcular os respectivos níveis de confiança para cada resíduo Z_{res} , com o objetivo de determinar a probabilidade de associação entre categorias das variáveis em estudo.

$$\gamma = \begin{cases} 0, & \text{se } Z_{res} \leq 0; \\ 1 - 2 \times [1 - P(Z < Z_{res})], & \text{se } 0 < Z_{res} < 3; \\ 1, & \text{se } Z_{res} \geq 3 \end{cases} \quad [4]$$

Sendo que Z_{res} é uma variável aleatória com distribuição de probabilidade normal padrão e para efeito de relação estatística significativa foram consideradas $\gamma \geq 0,70$.

2.2.3 ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL

Para a realização da análise da dependência espacial, utilizou-se a metodologia proposta por Vieira et al. (1983) e utilizando-se da informação da posição da amostra e o valor que as variáveis (Peso de frutos, Número de cacho) assumiram em cada ponto. Desta forma, de cada ponto de amostragem tem-se o valor das variáveis e as coordenadas (latitude, longitude) do ponto onde foi realizada a amostragem.

A análise geoestatística padrão inclui a análise exploratória de dados, análise de semivariograma da estrutura espacial, a interpolação de superfície para exibir os resultados desta interação. A semivariância é a medida do grau de dependência espacial entre duas amostras e depende da distância entre eles.

O gráfico das semivariâncias em função da distância a um ponto é chamado de semivariograma. A partir de certa distância a semivariância não mais aumentará com a distância e estabilizar-se-á num valor igual à variância média, dando a esta região o nome de contribuição ou patamar. A distância entre o início do semivariograma e o começo do patamar [C] recebe o nome de alcance [a]. Ao extrapolar-se a curva do semivariograma para a distância zero, pode-se chegar a um valor não-nulo de semivariância. Este valor recebe o nome de efeito pepita (C_0). O semivariograma é representado pela equação (5) conforme utilizado por Vieira et al. (1983):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2, \quad [5]$$

onde $N(h)$ é o número de pares de contagem de produção que são separadas por uma distância h , e $Z(x_i)$ representa os valores observados da variável regionalizada. O gráfico de $g^*(h)$ versus os valores correspondentes de h , chamado semivariograma, é uma função da distância h , e, portanto, depende da distância e direção para permitir a estimativa de valores para locais não amostrados (FARIAS et al., 2002; DIGGLE et al., 2007).

A comparação dos parâmetros do semivariograma para diferentes situações pode fornecer informações importantes sobre a distribuição espacial correspondente. Por exemplo, a relação entre $C_0/C_0 + C_1$ (índice “k”), fornece uma estimativa da quantidade de aleatoriedade que existe entre os dados em incrementos menores do que a distância de amostragem.

Segundo Chilès e Delfiner (1999) a krigagem é um interpolador linear exato e, segundo Journel e Huijbregts (1991), garante que o estimador seja não-enviesado e ainda que a variância da estimativa seja mínima. A krigagem ordinária é o método mais popular de krigagem, pois não necessita da média populacional conhecida, como a maioria dos outros métodos geoestatísticos. O estimador da krigagem ordinária é obtido, segundo Matheron (1963), conforme:

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(X_i). \quad [6]$$

Os modelos foram ajustados aos semivariogramas e com base nesses modelos, foram determinadas as correções dos dados relacionados espacialmente. As estimativas de krigagem foram realizadas no programa SURFER 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2001) para produzir mapas de contorno.

2.2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis analisadas, encontram-se na tabela 5. Observa-se que a variabilidade do PFP medida pelo coeficiente de variação, revelou média variabilidade do PFP (32 a 42 %) e alta variabilidade do NCP (44 a 55 %). De acordo com Cressie (1991), a normalidade dos dados não é uma exigência para a realização da geoestatística, sendo conveniente apenas que a distribuição não apresente cauda muito alongada.

Pelas médias de coeficientes de variação observadas, verifica-se a tendência, das variáveis com determinação no campo (PFP e NCP), de apresentarem valores maiores, sobretudo o PFP, que pode estar associado à seleção do material experimental, sendo comum em frutíferas perenes (FARIAS NETO et al., 2009; SANCHEZ et al., 2005).

Embora os pesos médios de PFP e as medianas sejam muito próximos (Tabela 5), indicando que pouca variação ocorreu na média de produção (kg/fruto/planta) ao longo do período de estudo, com exceção do mês de maio onde se registrou o menor peso médio (1,80 kg), as produtividades mensais são bem diferentes. Constatada a diferença entre as produções mensais, e avaliando a literatura disponível, observa-se que o florescimento na planta de açaí ocorre durante todos os meses do ano, com o pico entre os meses de fevereiro e julho (OLIVEIRA et al., 2000). Após a abertura (antese) e fecundação das flores, é necessário, aproximadamente, de cinco a seis meses para os frutos atingirem a fase de colheita, o baixo peso de frutos em maio pode ser reflexo de alterações que ocorreram pelo menos seis meses antes, como a ocorrência de problemas estruturais e/ou onde a irrigação pode não ter sido suficiente para atender a demanda hídrica da planta (BIFFI, 2008).

A produção anual de cachos frutíferos por planta depende da fertilidade, umidade do solo, luminosidade e da própria biologia da planta. As alterações desses

elementos durante o estágio de floração e crescimento dos frutos podem afetar o tamanho dos mesmos ou também a diferenciação das gemas floríferas para a próxima safra (FARIAS NETO et al., 2011).

TABELA 5 - Estatística descritiva das variáveis Peso de fruto/Planta (PFP), Número de Cacho/Planta (NCP).

PFP (kg/planta)								
Variável	JUL	AGO	SET	NOV	DEZ	JAN	MAR	MAI
Amostras	343	358	304	415	405	256	61	99
Média	2,34	2,42	2,52	2,50	2,32	2,16	2,27	1,80
Mediana	2,30	2,35	2,50	2,50	2,30	2,20	2,20	1,80
DP*	0,99	0,89	0,88	0,80	0,76	0,76	0,65	0,62
Variância	0,99	0,79	0,78	0,65	0,59	0,58	0,42	0,39
CV (%)*	42,76	36,96	35,03	32,30	33,16	35,42	28,78	34,88
Q1*	1,70	1,80	1,90	1,90	1,80	1,53	1,80	1,40
Q3*	3,00	3,00	3,10	3,00	2,90	2,70	2,60	2,30
Min.*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50	0,50
Max.*	6,00	6,00	5,00	4,80	4,20	4,20	4,00	3,20
NCP (Cachos/planta)								
Variável	JUL	AGO	SET	NOV	DEZ	JAN	MAR	MAI
Amostras	595	598	599	590	585	575	575	601
Média	6,27	7,15	7,31	4,64	4,69	4,62	4,81	7,06
Mediana	6,00	6,00	7,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00
DP ⁽¹⁾	3,46	3,31	3,27	2,23	2,50	2,41	2,62	3,68
Variância	11,98	10,98	10,68	4,95	6,27	5,80	6,89	13,50
CV(%) ⁽²⁾	55,23	46,35	44,70	48,00	53,40	52,08	54,57	52,08
Q1 ⁽³⁾	4,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00
Q3 ⁽⁴⁾	8,00	9,00	9,00	6,00	6,00	6,00	6,00	9,00
Min. ⁽⁵⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Max. ⁽⁶⁾	19,00	20,00	19,00	15,00	16,00	13,00	18,00	22,00

⁽¹⁾ Desvio-Padrão, ⁽²⁾ Coeficiente de Variação, ⁽³⁾ Valor Mínimo, ⁽⁴⁾ Valor Máximo, ⁽⁵⁾ Quartil inferior, ⁽⁶⁾ Quartil superior.

As maiores produções de frutos de açaí concentraram-se nos meses entre julho a dezembro, e tiveram redução de janeiro a maio. O elevado número de cachos presentes por planta pode ter distribuído as possíveis variações de PFP no pomar, pois cada planta foi avaliada como um todo, não diferenciando entre planta mãe e perfilhos. O aumento

de PFP é considerado uma função do número de frutos em macieira (BIFFI, 2008), e também observado em citros (FARIAS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2009).

O açazeiro flora e frutifica praticamente durante todo o ano. Porém, os picos de frutificação ocorrem com maior frequência, nos períodos de setembro a dezembro. O período de floração mais intensa coincide com a época de maior precipitação de chuvas, enquanto o de frutificação predomina na época mais seca do ano (OLIVEIRA et al., 2000). Para Homma (2006), a produtividade média no sistema irrigado pode chegar a 120 latas/ha (1.620 kg/ha), considerada baixa, decorrente do espaçamento utilizado de 6m x 7m, com a utilização da irrigação, espera-se melhorar essa produtividade.

A produção do açai irrigado depende da capacidade do açazeiro de emitir cachos, cuja densidade de frutos desenvolvidos apresenta grande variação. Segundo o mesmo autor, os cachos produzidos no sistema de açai irrigado são menores do que aqueles produzidos nas áreas de várzeas, daí a produtividade ser mais modesta, mas segundo Farias Neto (2011), a própria emissão de perfilhos pode alterar o desenvolvimento de cachos e frutos, pois a planta faz uso de seus nutrientes e energia para realizar o crescimento de perfilhos emitidos, alterando o desenvolvimento de cachos.

Para evidenciar qual dos meses apresentou maior produção e as categorias em relação à proximidade da variável peso, realizou-se o uso da ferramenta análise de correspondência (AC), que basicamente, converte uma matriz de dados não negativos em um tipo particular de representação gráfica em que as linhas e colunas da matriz são simultaneamente representadas em dimensão reduzida, isto é, por pontos no gráfico. Este método permite estudar as relações e semelhanças existentes e se estão relacionadas e não somente se a relação existe. A sua natureza multivariada permite revelar relações que não seriam detectadas em comparações aos pares das variáveis.

Os valores destacados em negrito na tabela 6 apresentam o nível de confiança, em que para efeito de relação estatística, foi igual e/ou superior a 70%, referente à análise de resíduos. A Figura 6 apresenta o mapa perceptual dessas relações, mostrando que os percentuais de inércia das dimensões 1 e 2 restituem 100% da informação, confirmando suas associações de categorias.

TABELA 6. Determinação da probabilidade de associação entre categorias da variável peso (PFP).

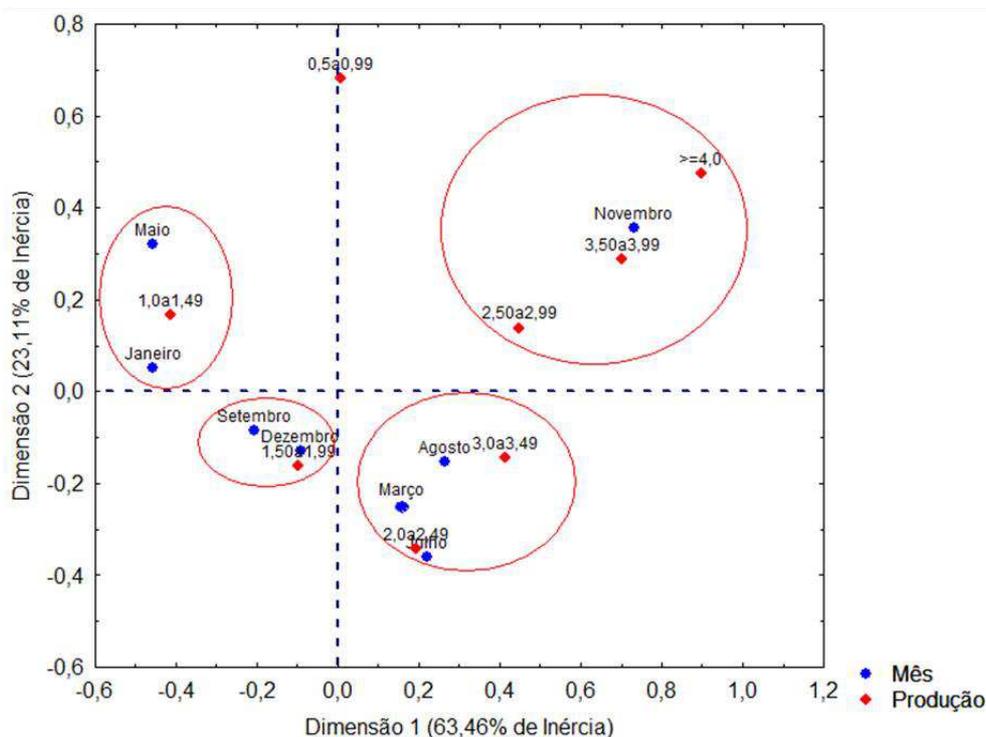
Associação entre categorias								
	0.5 a 0.99	1 a 1.49	1.5 a 1.99	2 a 2.49	2.5 a 2.99	3 a 3.49	3.5 a 3.99	>=4
Julho	0.00	0.00	100.00	100	16.01	85.45	0.00	0.00
Agosto	0.00	0.00	0.00	100	64.72	100	90.42	20.34
Setembro	5.62	92.46	99.60	0.00	0.00	4.12	0.00	0.00
Novembro	99.11	0.00	0.00	0.00	100	99.82	100	100
Dezembro	0.00	0.00	94.42	91.69	0.00	0.00	0.00	0.00
Janeiro	99.11	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Março	0.00	0.00	6.69	92.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Maio	5.62	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Na Figura 6, a proximidade dos pontos representando o PFP, em cada quadrante, comparada com sua distância em relação ao demais, indicam que os eixos refletem um contraste entre as categorias de peso associada a cada coleta realizada ao longo do período, em outras palavras, o gráfico representa a heterogeneidade entre as categorias de peso, sendo que novembro foi o mês mais produtivo, variando entre 2,5 (kg/fruto/planta) a cachos que proporcionaram até 4,0 (kg/fruto/planta), agosto e junho são relativamente mais homogêneos e suas categorias estão associados a cachos que apresentaram entre 2,0 a 3,5 (kg/fruto/planta).

Enquanto aqueles do lado esquerdo, particularmente janeiro, março e maio, têm as piores associações, entre 1,0 e 1,5 (kg/fruto/planta). Pela AC pode-se observar que entre todas as interações a produção foi mais expressiva no mês de novembro, e no mês de maio, além da baixa associação, concentram-se os piores pesos, essa proporção reduzida nos meses de janeiro, março e maio, possivelmente são coincidentes com dados apresentados por Farias e Padilha (2011), que afirmam que ainda não se tem uma resposta definitiva quanto a todos os fatores envolvidos com relação às variações ao longo das safras de açaizeiros, talvez o comportamento de cada estipe individualmente, seja capaz de representar quanto o deslocamento de nutrientes e energia afetam o desenvolvimento de cachos e frutos em açaizeiros.

Assim, obtendo-se ao longo do período um peso médio 2,30 kg/fruto/planta, um hectare proporcionaria 17,2 toneladas de fruto/hectare ao longo de 12 meses.

FIGURA 6. Análise de correspondência entre peso de frutos e meses no ano no plano bidimensional.



Observa-se nos dados da Tabela 7, os parâmetros dos modelos dos semi-variogramas ajustados aos dados de PFP e NCP e que indicaram dependência espacial em todos os meses analisados, uma vez que nenhum deles apresentou efeito pepita puro, o que determinaria uma distribuição aleatória dos seus dados. Os semi-variogramas ajustaram-se muito bem ao modelo esférico, exceção feita àqueles de julho e agosto para PFP, que foram mais bem representados pelo modelo exponencial. Os meses de julho a janeiro para NCP se ajustaram, ao modelo esférico, a exceção foi o mês de maio que teve melhor determinação ao modelo linear, indicando que naquele mês o aumento da semivariância cresceu linearmente com a distância. Várias pesquisas indicam o modelo esférico como o mais adaptado para descrever o comportamento de semi-variogramas de propriedades do solo e de plantas (SANCHEZ, et al., 2005; BIFFI, et al. 2008; GARCÊS, 2009, OLIVEIRA et al., 2009; SOUZA, 1992). Os semi-variogramas foram definidos conforme melhor coeficiente de determinação (R^2) entre os dados originais e os dados estimados pelo semi-variograma escolhido, técnica chamada de validação cruzada, conforme Farias et al. (2003).

Tabela 7 - Parâmetros dos semi-variogramas ajustados das variáveis: Produção de frutos/planta (PFP), Número de cachos/planta (NCF).

Produção de Frutos por planta (PFP)								
Variável	Modelo	Co ⁽¹⁾	C ₁ ⁽²⁾	a (m) ⁽³⁾	R ²	α ⁽⁴⁾	k ⁽⁵⁾	β ⁽⁶⁾
julho	Exponencial	0,79	0,21	45	0,92	6359	0,79	Fraca
agosto	Exponencial	0,65	0,15	33	0,89	3419	0,81	Fraca
setembro	Esférico	0,60	0,21	21	0,73	1385	0,74	Moderada
novembro	Esférico	0,39	0,25	14	0,98	615	0,60	Moderada
dezembro	Esférico	0,40	0,20	15	0,73	707	0,66	Moderada
janeiro	Esférico	0,30	0,30	17	0,98	907	0,50	Moderada
março	Esférico	0,20	0,20	24	0,82	1809	0,50	Moderada
maio	Esférico	0,06	0,35	16	0,98	804	0,14	Forte

Número de Cachos por planta (NCF)								
Variável	Modelo	Co ⁽¹⁾	C ₁ ⁽²⁾	a (m) ⁽³⁾	R ²	α ⁽⁴⁾	k ⁽⁵⁾	β ⁽⁶⁾
julho	Esférico	8,20	4,10	42	0,96	5539	66,60	Moderada
agosto	Esférico	7,00	4,00	15	0,89	707	63,70	Moderada
setembro	Esférico	2,00	8,70	14	0,98	615	60,00	Moderada
novembro	Esférico	1,00	3,75	17	0,74	907	42,00	Moderada
dezembro	Esférico	3,00	2,50	10	0,81	314	46,92	Moderada
janeiro	Esférico	1,60	3,80	13	0,62	531	63,66	Moderada
março	Esférico	2,20	4,60	16	0,78	804	58,40	Moderada
maio	Linear	13,00	-	-	0,95	-	-	-

⁽¹⁾ Efeito pepita, ⁽²⁾ Contribuição, ⁽³⁾ Alcance, ⁽⁴⁾ Área ($\pi^2 r^2$, $r = a$). ⁽⁵⁾ Índice k. ⁽⁶⁾ Dependência espacial

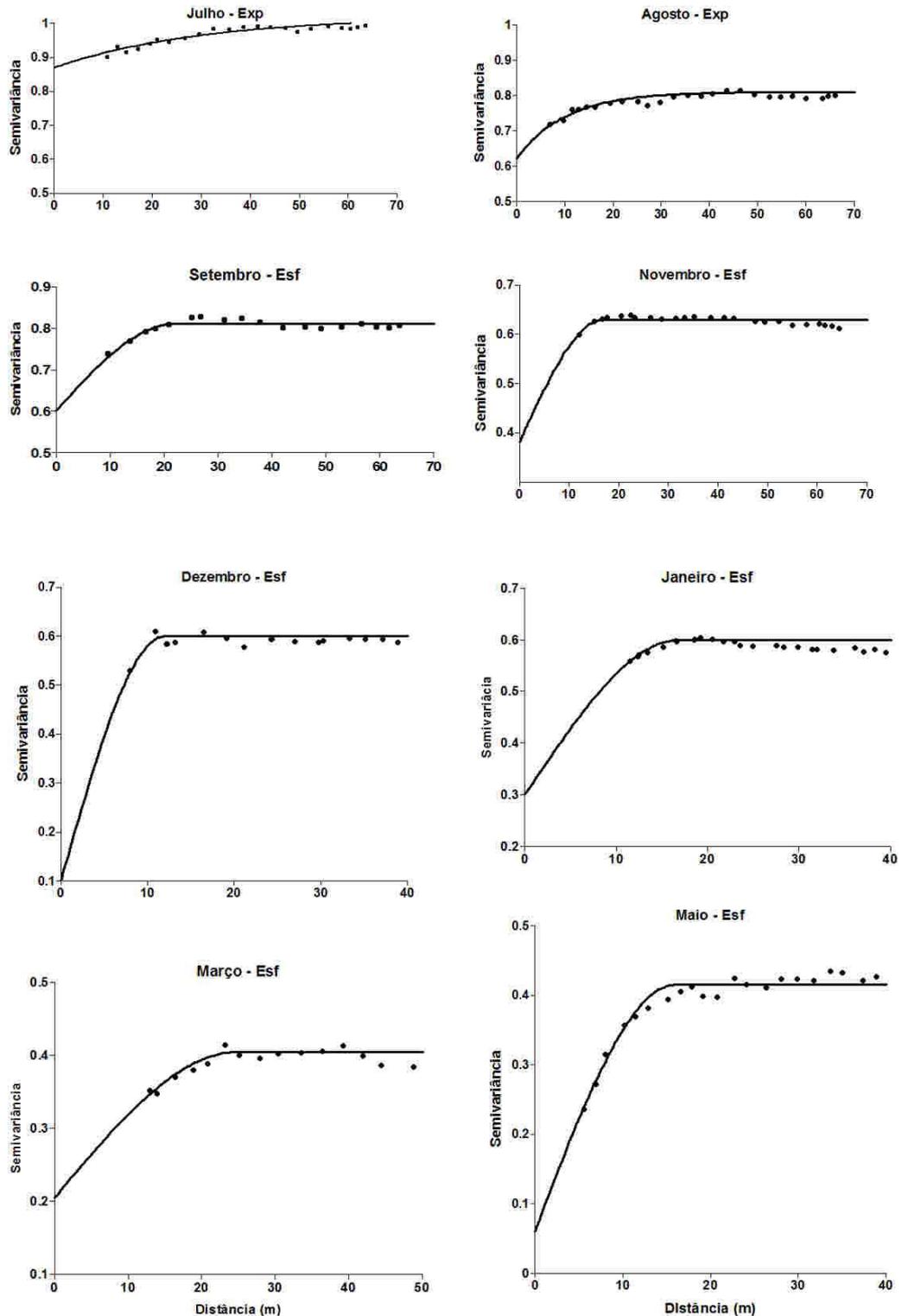
O alcance é parâmetro que permite identificar a distância limite da dependência ou continuidade espacial medida nas amostras. O alcance de dependência espacial no PFP variou entre 14 a 45 m e para NCP entre 10 a 42 m.

Os valores do alcance fornecem neste contexto, informações significativas para planejamento e avaliação experimental, pois segundo Journel e Huijbregts (1991) os valores do alcance da dependência espacial indicam a distância em que os pontos são similares entre si, no caso demonstrando o raio de agregação do PFP em relação à distribuição espacial no campo, o valor α (tabela 7), demonstra a área de influência de cada produção entre 615 a 6.359 m² para a PFP e entre 615 e 5.539 m² para NCP, essa informação mostra o quanto a variabilidade espacial está á presente em função do mês avaliado.

A variabilidade espacial da variável PFP de açaí revelou que o seu semivariograma é de dependência espacial moderada, para as variáveis analisadas, principalmente nos meses de maior produção. Os autores justificam ainda que a dependência espacial deva estar associada às variações intrínsecas do conjunto de

características do solo e da biologia da planta, já que o comportamento da planta está diretamente relacionado com as combinações das variáveis do solo. De acordo com o critério de Cambardella et al. (1994), isso demonstra que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais (Figura 7).

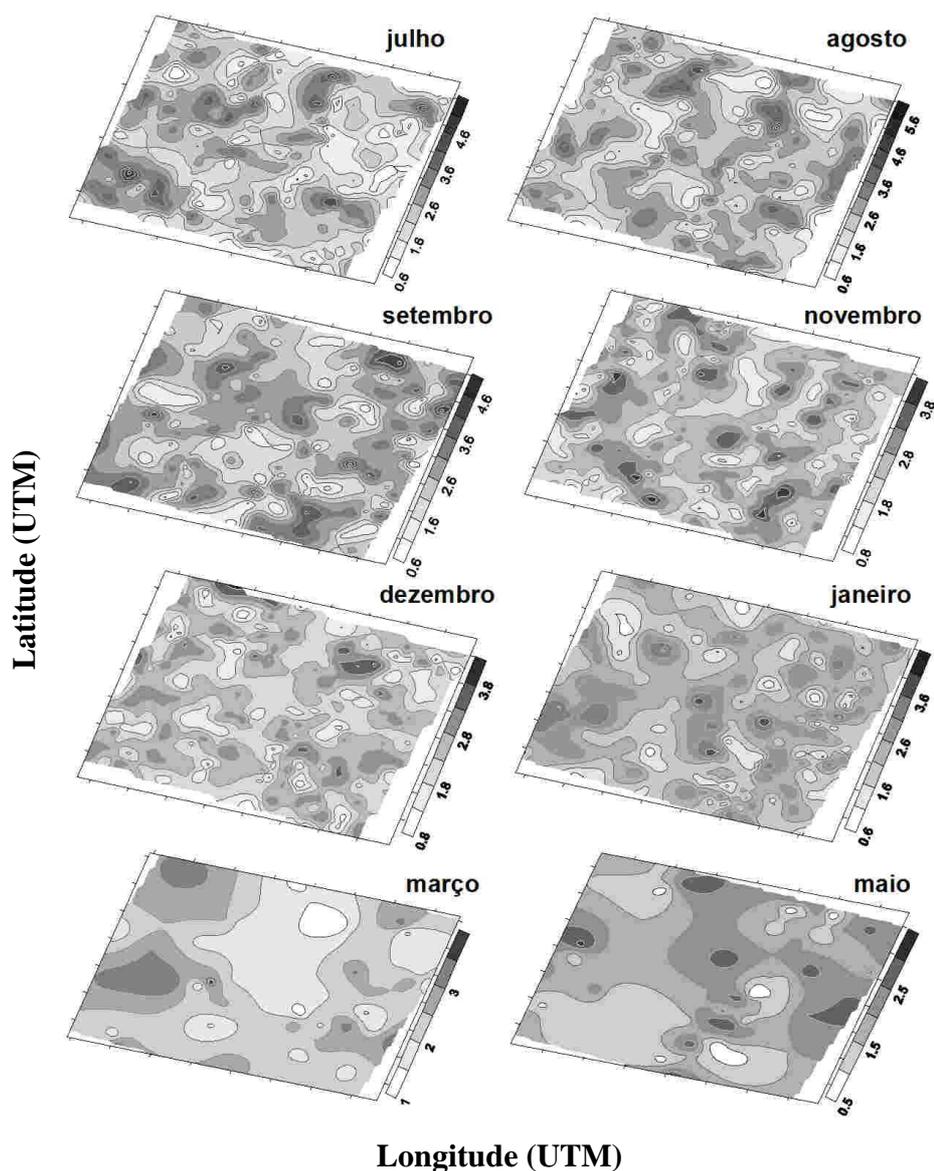
FIGURA 7. Semivariogramas das variáveis PFP (kg/fruto/planta) ajustados ao modelo exponencial e ao modelo esférico.



Quando o fenômeno em estudo revela diferentes padrões de dependência espacial, ou seja, apresenta uma variabilidade que não é a mesma em todas as direções, o fenômeno em estudo é chamado de anisotrópico. Segundo Clark (1979), a anisotropia é encontrada por meio de semivariogramas, que construídos em diferentes direções, revelam uma direção com um distinto padrão de dependência espacial. Na análise deste comportamento, praticamente todos os meses tiveram um comportamento anisotrópico.

Os parâmetros dos modelos ajustados para a variável PFP foram utilizados para obter estimativas em locais não amostrados por krigagem, produzindo mapas de estimativas na área estudada através de isolinhas (Figura 9).

FIGURA 9. Mapa de krigagem do atributo PFP (kg/fruto/planta). Isolinhas indicam a variabilidade da produção das plantas, áreas em cores claras representam baixa produção e em cores escuras, elevada produção.



Para buscar-se maior compreensão do comportamento da variável PFP e NCP, faz-se necessário um acompanhamento mais prolongado para mensurar-se a variabilidade temporal. Há necessidades de mais estudos com variáveis de atmosfera, solo e planta que melhor expliquem as relações de causa e efeito na variabilidade espacial dos atributos de produção em açaizeiros. O estudo mostra que outros fatores, como o tipo de solo, fertilidade, pragas e a própria origem do material genético podem influenciar na produtividade.

3. CONCLUSÕES

- 1- A maioria das variáveis analisadas apresentou moderadas dependências espaciais, com exceção do mês de julho e agosto que apresentaram fraca dependência e maio com forte dependência para a variável PFP.
- 2- Estima-se que a PFP possa crescer ainda mais com o desenvolvimento pleno da fisiologia da planta, melhorando a produtividade por área, em relação à média observada de 17,2 toneladas/hectare/ano, tendo como referência um peso médio de 2,30 kg/fruto//planta.
- 3- Os mapas temáticos evidenciaram a variabilidade espacial dos atributos de produção de frutos.
- 4- O modelo teórico que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais para PFP e NCP foi o modelo esférico.
- 5- O SIG utilizado para processar, analisar e gerar produtos para tomada de decisões foi adequado para elaboração de mapas interpolados de produção de açaí.

4. REFERÊNCIAS

ALVES, L. B. Tratamento de Dados Multivariados por Análises de Correspondência e de Agrupamentos em dados de idosos de São José dos Campos. Dissertação de Mestrado Instituto Tecnológico de Aeronáutica– Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica. 2007.

ANDRIGUETO, J.R.; NASSER, L.C.B.; TEIXEIRA, J.M.A. Produção integrada de frutas: conceito, histórico e a evolução para o sistema agropecuário de produção integrada -SAPI. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: mar. 2010.

ANJOS. A; MAZZA. M.C.M; SANTOS.; A.C. M.C; DELFINIL. T.; **Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley.** Revista Scientia Forestalis. 2004.

BANCO DA AMAZÔNIA- BASA. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento / Banco da Amazônia. – v. 1, n. 2 (jan./jun. 2006) – Belém: Banco da Amazônia. 2006.

BERGEZ, J.E.; NOLLEAU, S. Maize grain yield variability between irrigation stands: a theoretical study. **Agricultural Water Management**, Amsterdam. 2003.

BIFFI, L.J; RAFAELI NETO, S.L.; Comportamento espacial de variáveis agronômicas da maçã ‘Fuji’ durante dois anos de observações no planalto serrano de Santa Catarina. Rev. bras. frutic., jaboticabal – SP. 2008.

BURGESS, T.M.; WEBSTER, R. & McBRATNEY, A.B. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. IV. Sampling strategy. J. Soil Sci. 1981.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**. 1994.

CALBO, M.E.R and MORAES, J.A. P.V. **Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai).** Rev. bras. Bot. 2000.

CANUTO, G.A.B.; XAVIER, A.A.O.; NEVES, L.C.; BENASSI, M.T. **Caracterização físico-química de sucos de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP. 2010.

CARVALHO, M. S.; STRUNCHINER, C. J., Análise de Correspondência: uma aplicação do método à avaliação de serviços de vacinação. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 1992.

CRESSIE, N. Statistics for spatial data. New York: John Wiley.1991.

CHILÈS, J-P.; DELFINER, P. *Geostatistics: modeling spatial uncertainty.* New York: John Wiley & Sons. 1999.

CLARK, I. Practical geostatistics. London, Applied Science Publishers. 1979.

CUNHA JUNIOR.; M.V.M. Análise Multidimensional de Dados Categóricos: A aplicação das Análises de Correspondência Simples e Múltipla em Marketing e sua Integração com Técnicas de Análise de Dados Quantitativos. Rio Grande do Sul: UFRGS. 1997.

DIGGLE, P.J. & RIBEIRO JUNIOR, P.J. Model-based geostatistics. New York, Springer. 2007.

DIMENSTEIN, L.; FARIAS NETO, J. T. de. Dados preliminares para a produção de frutos em açazeiros sob irrigação em terra firme no Estado do Pará. In: DIMENSTEIN, L.; FARIAS NETO, J.T. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras.** Fortaleza: Instituto Frutal. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/sp3.htm>. 2006. Acesso em: 10 mar 2011.

FARIAS NETO, J.T. de; RESENDE, M.D.V.D de; OLIVEIRA, M.S.P. de; NOGUEIRA, O.L.; FALCÃO, P.N.B.; SANTOS, N.S.A. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. 2008.

FARIAS NETO, J.T. de; RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, M.S.P.; SANTOS, N.S.A.; CANUTO, E.L.; NOGUEIRA, O.L.; MÜLLER A. A. Avaliação genética de progênes de polinização aberta de açaí (*Euterpe oleracea*) e estimativas de parâmetros genéticos. **Cerne**, Lavras. 2007.

FARIAS NETO, J.T. de; LINS, P.M.P.; RESENDE, M.D.V.; MULLER, A.A. Seleção genética em progênes híbridas de coqueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 2009.

FARIAS NETO, J.T; RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, M.S.P. **Seleção simultânea em progênes de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto**. *Rev. Bras. Frutic.* 2011.

FARIAS NETO, J.T; VASCONCELOS, M.A.M. NOGUEIRA, A.K.M. Produção, processamento e mercado para a cultura do açaí./ João Tomé de Farias Neto, Marcus Arthur Marçal de Vasconcelos, Ana Karlla Magalhães Nogueira. – Fortaleza: Instituto Frutal. 2011.

FARIAS, P.R.S.; ROBERTO, S.R.; LOPES, J.R.S. and PERECIN, D. **Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus**. *Neotrop. Entomol.* 2004.

FARIAS, P.R.S.; NOCITI, L.A.S.; BARBOSA, J.C.; PERECIN, D. **Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística**. *Rev. Bras. Frutic.* 2003.

FARIAS, P.R.S. ; BARBOSA, J C ; VIEIRA, S. R. ; SÁNCHEZ VILA, X. ; FERRAZ, L C C B . Geostatistical analysis of the spatial distribution of *Rotylenchulus reniformis* on cotton cultivated under crop rotation. *Russian Journal of Nematology*. 2002.

FÁVERO, L.P.; BELFIORE, P., SILVA, P., CHAN, B. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões**. 1..ed. Rio de Janeiro: Campos Elsevier. 2009.

FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R; GOMIDE, R.T. **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV. 2000.

FIEPA. Disponível em: <http://www.fiepa.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=237%3Afutastropicaisganhammaisespaconomercadointernacional&catid=36%3Aeconomia&Itemid=122&lang=pt> Acesso em: 10 jun 2011.

GARCÊS, A.C.A. Avaliação da distribuição espacial de dados biológicos via krigagem e simulação condicional. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Matemática e Estatística, Belém. 2009.

HAAG, H.P; SILVA FILHO, N.L. da; CARMELLO, Q.A. de C. Carência de macronutrientes e de boro em plantas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo, SP. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal. 1992.

HAIR Jr., J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. Análise Multivariada de Dados. 5.ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.

HO, R. Handbook of Univariate and Multivariate Data Analysis and Interpretation with SPSS. Boca Raton: Chapman e Hall. 2006.

HOMMA, A.K.O.; CARVALHO, J.E.U.; FARIAS NETO, J.T. de; MENEZES; A.J.E.A.; MATOS, G. B. **Custo operacional de açazeiro irrigado com microaspersão no município de Tomé-Açu**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2009.

HOMMA, A. K. O.; NICOLI, C. M. L.; MENEZES, A. J. E. A; MATOS, G. B.; CARVALHO, J. E. U.; NOGUEIRA, O. L. **Custo operacional de açazeiro irrigado no Nordeste Paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2007.

HOMMA, A.K.O; NOGUEIRA, O.L; MENEZES, A.J.E.A.; CARVALHO, J.E.U.; NICOLI, C.M.L; MATOS, G.B.; AÇAÍ: NOVOS DESAFIOS E TENDÊNCIAS. Amazônia: Ci. & Desenv., Belém. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Agropecuário 2009. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/mapasite/mapasite.php#download>>. Acesso em: 09 jul. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA Disponível em:
Disponível em: < <http://www.inpa.gov.br/pupunha/revista/clement-intro.html> >. Acesso em: 11 jul. 2011.

INPI. Disponível em:<<http://www.inpi.gov.br/index.php/quem-somos/noticias/334-inpi-baterecordedepedidosdepatentesemarcasem2011>><http://www.inpi.gov.br/index.php/patente/e-patentes>>. Acesso em: 16 dez. 2011.

ISSAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R M. A Introduction to applied geostatistics. Oxford: University Press. 1989.

JARDIM, M.A.G. **Morfologia e ecologia do açaizeiro *Euterpe oleracea* mart. e das etnovarietades espada e branco em ambientes de várzea do estuário amazônico.** Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas. 119 f. Tese (Doutorado) -Universidade Federal do Pará, Belém. 2000.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied Multivariate Statistical Analysis. 6.ed. UpperSaddle River: Pearson Education. 2007.

JONES, D.L. **Palms: throughout the world.** Washington: Smithsonian Institution. 1995.

JOURNEL A. G.; HUIJBREGTS, C. J. *Mining geostatistics.* London: Academic Press. 1991.

KANG. J.; XIE, C.; LI, Z.; NAGARAJAN, S.; SCHAUSS, A.G.; WUB. T.; WUA, X.; Flavonoids from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities Food Chemistry. 2011.

KHAN, F.; Ecology of economically important palms in peruvian Amazonia. In: BALICK, M.J.; Ed. The palm- tree of life: biology, utilization and conservation. **Advances in Economical Botany**, New York. 1997.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. Journal of South African Institution of Minning and Mettallurgy, Johanesburg.1951.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Ed. Universidade Estadual Paulista. 1998.

LAMPARELLI, R.A.C., ROCHA, J.V., BORGHI, E. Geoprocessamento e Agricultura de Precisão. Ed. Agropecuária. 2001.

MANZATTO, C.V.; BHERING, S.B.; SIMÕES, M. Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos. EMBRAPA Solos, 1999. Disponível na Internet. <http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.html> em 01 Out. 1999.

MATHERON, G. Principies of geostatistics. Econ. Geol., Ottawa. 1963.

MENEZES, E.M.S.; TORRES, A.T.; SRUR, A.U.S. Nutritional value of açáí pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) liophylized. Acta Amazonica. 2008.

MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J. P. **Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2004.

MINISTERIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA –MAPA. Exportações de Frutas em 2010. Disponível em: < www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas >. Acesso em: mar. 2011.

MINITAB. Minitab for Windows [Minitab-Inc, USA] Versão 14. English Ink Copyright ©. 2008.

MINGOTI, S.A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2005.

MIRANDA, N. O.; OLIVEIRA, T.S.; MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A. **Causas da variação em produtividade e qualidade do melão em um Latossolo Vermelho-Amarelo fertirrigado.** *Cienc. Rural.* 2006.

MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para a agricultura de precisão. Agricultura de precisão. Viçosa. 2000.

MOLIN, J.P.; MASCARIN, L.S.; VIEIRA JUNIOR, P.A. **Avaliação de intervenções em unidades de aplicação localizada de fertilizantes e de populações de milho.** *Eng. Agríc.* [online]. 2006.

MOLIN, J.P.; MASCARIN, L.S. **Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da produtividade.** *Eng. Agríc.* [online]. 2007.

MYERS, D.E. Interpolation and estimation with spatially located data. **Intell. Lab. Syst.** 1991.

NASCIMENTO, W.M.O.; SILVA, W.R.; Comportamento fisiológico de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas à desidratação. **Revista Brasileira de Fruticultura.** 2005.

NOGUEIRA, O.L. Regeneração, manejo e exploração de açazais nativos de várzea do estuário amazônico. 1997. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém. 1997.

OLIVEIRA, M.S.P ; FARIAS NETO, J. T. Seleção massal em açazeiro para a produção de frutos no estado do Pará. *Revista de Ciências Agrárias.* 2008.

OLIVEIRA, M.S.P.; FARIAS NETO, J. T.; Variação genética entre progênies de açazeiro para caracteres de emergência. *Ver. Ciênc. Agr., Belém.* 2006.

OLIVEIRA, P.A.A.C.; **In natura açaí beverage: quality, pasteurization and acidification.** *Ciênc. Technol. Aliment.* 2011.

OLIVEIRA, M.S.P.; FERNANDES, G.L.C. **Repetibilidade de caracteres do cacho de açazeiro nas condições de Belém-PA.** *Rev. Bras. Frutic.* 2001.

OLIVEIRA, M.S.P.; CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O.; Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Jaboticabal: FUNEP. 2000.

OLIVEIRA, P. C. G. et al. **Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e da produtividade de citros na Amazônia Oriental**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2009.

OLIVEIRA, M.S.P ; CARVALHO, J.E.U; NASCIMENTO, W.M.O.; MULLER, C.H. Cultivo do açaizeiro para produção de frutos. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2002.

ORM, 2010. Preço do açaí sofre quinta alta consecutiva em 2010. Disponível em: <http://www.orm.com.br/2009/noticias/default.asp?id_noticia=474982&id_modulo=19> Acesso em 05 nov 2010.

RAMOS, E. M. L. S., ALMEIDA, S. S., MELLO, M. N., PAMPLONA, V. M. S., GOMES, M. K. T. Atentado Violento ao Pudor, Ato Obsceno e Estupro, Ocorridos na Região Metropolitana de Belém. In: **Segurança Pública. Uma Abordagem Estatística e Computacional**. 1 ed. Belém : Editora da UFPA. 2008.

ROGEZ, H. ; POMPEU, D.R. ; Akwie, S.N.T. ; LARONDELLE, Y. . Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: A comparison between açaí fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011.

ROZA, D. Novidade no campo: Geotecnologias renovam a agricultura. *Revista InfoGEO*, n 11 - jan/fev, 2000. Disponível em: http://www.infogeo.com.br/Revista/materia_11.htm em 21 Mai. 2000.

PEREIRA, E.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F.; **Massa específica de suco de açaí em função do teor de sólidos totais e da temperatura**. *Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Ambient.* 2002.

POLLACK, A.; WALLACH, R. Analysis of soil moisture in an irrigated orchard root zone. **Plant and Soil**, Dordrecht. 2001.

QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P.; MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: Borém, A.B.; Giúdice, M.P.; Queiroz, D.M.; Mantovani, E.C.;

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA – SAGRI. Evolução da Produção agrícola do Estado do Pará de 2003 até 2009. Disponível em: <<http://www.sagri.pa.gov.br/?q=node/125>>. Acesso em 23 dez 2010.

SANCHEZ, R. B. **Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas.** *Bragantia*. 2009.

SANCHEZ, R.B.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de propriedades de Latossolo e da produção de café em diferentes superfícies geomórficas. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2005.

SILVA, A.E; SILVA; L.H.M; PENA, R.S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2008.

SILVA, F.M. Variabilidade espacial de atributos químicos e da produtividade na cultura do café. *Ciência Rural*, 2007.

SILVA, I. Produção de Briquetes Energéticos a partir de Caroços de Açaí. Brasil, 2002.

SODRÉ, J. B.; Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico. 2005. 61p. Monografia (Especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo) - Universidade Federal de Lavras. Lavras – Minas Gerais. 2005.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. *Ciência Rural*. 2010.

SURFER. Surfer 8.0. Contouring and 3D surface mapping for scientist's and engineers. User's guide. Colorado: Golden Software, Inc. 2002.

STAFFORD, J.V. Na investigation into the within – field spatial variability of grain quality. In *Precision Agriculture*. Madison. 1999.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia, Oakland. 1983.

VIEIRA, S.R.. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Freitas, J.R. (Ed.). *Tópicos em Ciências do Solo*. Vol. 1. Publicação da Sociedade Brasileira de Ciências do solo, Viçosa, Minas Gerais. 2000.

TYLER, D.D. Soil sampling in no-tillage cropping. Better Crops Plant Food, 1985.

THYLÉN, L.; JURSCHIK, P., MURPHY, D.P.L. Improving the quality of yield data. In Precision Agriculture. Madison, 1999.

USPTO. Disponível em: http://tess2.uspto.gov/bin/showfield?f=toc&state=4006%3A8hsbh.1.1&p_search=searchss&p_L=50&BackReference=&p_plural=yes&p_s_PARA1=&p_tagrepl%7E%3A=PARA1%24LD&expr=PARA1+AND+PARA2&p_s_PARA2=a%E7a%ED&p_tagrepl%7E%3A=PARA2%24COMB&p_op_ALL=AND&a_default=search&a_search=Submit+Query. Acesso: dez. 2011.

YANAI, A.E.; FARIA, L.I.L. Análise bibliométrica de patentes do fruto açaí (*Euterpe oleracea* mart.). Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade – UFSCar. Países de origem das patentes. Disponível em: <http://www.ebbc.ufscar.br/trabalhos-aprovados/posteres-aprovados>. Acesso em: dez 2009.

YUYAMA, L.K.O. **Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos.** *Acta Amaz.* 2011.