

**ZONEAMENTO PEDOCLIMÁTICO PARA A CULTURA DO
CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L.) NO ESTADO DO
MARANHÃO**



© Embrapa Agroindústria Tropical, 2000

Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 38

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria Tropical

Rua Dra. Sara Mesquita 2270

Planalto Pici

Caixa Postal 3761

CEP 60511-110 Fortaleza, CE

Tel.: (0xx85)299-1800

Fax: (0xx85)299-1803 / 299-1833

Endereço eletrônico: negocios@cnpat.embrapa.br

Embrapa Solos

Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste

Rua Antônio Falcão 402

Boa Viagem

CEP 51020-240 Recife, PE

Tel.: (0xx81)3325-5988

Fax: (0xx81)3325-0231

Tiragem: 400 exemplares

Anexo mapa na escala 1:1.000.000

Comitê de Publicações

Presidente: Raimundo Braga Sobrinho

Secretário: Marco Aurélio da Rocha Melo

Membros: João Ribeiro Crisóstomo

José Carlos Machado Pimentel

José de Souza Neto

Oscarina Maria da Silva Andrade

Heloísa Almeida Cunha Filgueiras

Maria do Socorro Rocha Bastos

Coordenação editorial: Marco Aurélio da Rocha Melo

Diagramação: Arilo Nobre de Oliveira

Normalização bibliográfica: Rita de Cassia Costa Cid

Revisão: Maria Emília de Possídio Marques

AGUIAR, M. de J.N.; CAVALCANTI, A.C.; BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B. de; VAREJÃO-SILVA, M.A.; COSTA, C.A.R. da; NOGUEIRA, L.R.Q.; SILVA, F.B.R. e; BARROS, A.H.C.; SILVA, D.F. da; SILVA, E.D.V.; PEREIRA, R.C. **Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no Estado do Maranhão.** Fortaleza: Embrapa-CNPAT / Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 2000. 30p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 38).

Zoneamento; Clima; Solo; Maranhão; Brasil; Caju; Zoning; Climate; Soil; Maranhão; Brazil; Cashew.

CDD: 333.714

EQUIPE TÉCNICA

Climatologia

Maria de Jesus Nogueira Aguiar (Coordenadora)
Enga.-Agr., M.Sc., Climatologia Agrícola, Pesquisadora da Embrapa

Célia Campos Braga
Meteorologista, M.Sc., Agrometeorologia, Professora e Pesquisadora do DCA/CCT/UFPB

José Ivaldo Barbosa de Brito
Meteorologista, M.Sc., Professor e Pesquisador do DCA/CCT/UFPB

Mário Adelmo Varejão Silva (Consultor)
Eng.-Agr., Dr., Meteorologia, Professor e Pesquisador da UFRPE

Alexandre Hugo Cesar Barros (Consultor)
Eng.-Agr., M.Sc. em Climatologia, Consultor do Estado de Pernambuco

Solos

Antônio Cabral Cavalcanti
Eng.-Agr., Dr. Pesquisador da Embrapa Solos ERP-Recife

Lúcia Raquel Queiroz Nogueira
Enga.-Agr., M.Sc. Pesquisadora da Embrapa Solos ERP-Recife

Fernando Barreto R. e Silva
Eng.-Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Solos ERP-Recife

Geoprocessamento e Informática

Carlos Antonio Reinaldo da Costa
Matemático, M.Sc., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical

Eyres Diana Ventura Silva
Enga.-Elétr., Técnica em Informática do DCA/CCT/UFPB

David Ferreira da Silva
Técnico em Sensoriamento Remoto da Embrapa Solos ERP-Recife

Regina Célia Pereira
Estudante de Geografia - Estagiária

APRESENTAÇÃO

A inegável importância da atividade agropecuária para a região Nordeste, a par do esforço que há várias décadas vem contribuindo para a implantação de um, já consolidado, polo industrial na região, fica claramente confirmada através de empreendimentos vitoriosos, sobretudo aqueles que exploram uma fruticultura orientada para a exportação.

Culturas como as do meloeiro e da mangueira, somente para citar duas das mais destacadas, são exportadas para diversos países com sucesso, gerando um ponderável volume de divisas, importantes na formação do balanço de pagamentos de nosso país na mesma proporção de sua participação na pauta de exportações brasileiras.

Além destas duas culturas, várias outras participam da ampliação da participação brasileira no comércio exterior, dentre as quais merece menção especial o cajueiro, quase que exclusivamente, através da comercialização da amêndoa da castanha do caju beneficiada, preferência dos mercados consumidores estrangeiros. Nos mercados consumidores nacionais, sobretudo nas regiões sul e sudeste, já se observa um crescimento do consumo "in natura" do pseudo-fruto (pedúnculo), gerando um novo nicho de mercado, bastante promissor, especialmente tendo em vista a redução do desperdício desta que se constitui em uma fonte de alimento rico em vitaminas e sais minerais de que as populações, em grande parte, são carentes.

Apesar de já existir uma capacidade instalada para a transformação do pedúnculo na fabricação de sucos e doces, o desperdício ainda atinge cifras muito elevadas, o que é indesculpável em um país carente de alimentos, como o nosso.

Essa realidade acentua muito a importância da cultura do cajueiro, mormente para a região Nordeste onde se concentra a quase totalidade da produção brasileira.

A sua exploração econômica, no entanto, carece, ainda, de um melhor ordenamento, sobretudo em relação ao uso de modernas tecnologias, em grande parte geradas pela Embrapa Agroindústria tropical e já disponível para o grande público. Neste sentido, visando possibilitar uma maior otimização do uso dessas tecnologias, com o objetivo de aumentar a produção e a produtividade da cultura do cajueiro, direcionando o seu cultivo para áreas vocacionalmente aptas, ela elaborou o Zoneamento Pedoclimático da Cultura do Caju para a Região Nordeste do Brasil, no qual uma das principais conclusões dá conta da grande aptidão do clima e dos solos do Estado do Maranhão para o cultivo do cajueiro, promovendo, em conseqüência, a ampliação da demanda de produtores por áreas para a implantação de pomares com a cultura naquele estado.

Este fato, por seu turno, gerou a necessidade de se promover um estudo específico para esse estado, com vistas a identificação de áreas com aptidão pedoclimática para a cultura do cajueiro, empregando o nível de manejo C, que corresponde ao cultivo com o emprego de alta tecnologia, particularizando uma estimativa da percentagem de áreas

aptas por município, viabilizado através de financiamento do Banco do Nordeste e executado pela Embrapa Agroindústria Tropical. Trata-se de um estudo básico, indicativo mas nunca excludente, destinado à orientação de instituições financiadoras e de planejamento, bem como de produtores potenciais e em atividade no estado, no sentido da racionalização da exploração econômica da cultura.

Byron Costa de Queiroz

Presidente do Banco do Nordeste

PREFÁCIO

É importante reafirmar que o sucesso de qualquer empreendimento comercial, industrial ou agrícola depende, invariavelmente, de fatores básicos capazes de viabilizá-lo. São fatores como a aptidão ou vocação para o empreendimento, a área de instalação e a existência de um mercado consumidor em potencial, entre outros, que pesam no êxito do negócio.

Especialmente na área agrícola, são fundamentais as tecnologias avançadas, recursos financeiros e um apurado conhecimento do mercado nacional e internacional. Além disso, é indispensável que o empreendedor saiba o máximo possível sobre os recursos naturais disponíveis na sua área de instalação, tais como aptidões de solo e clima em face da cultura a ser explorada.

A região Nordeste, detentora da maior área plantada com a cultura do cajueiro no Brasil (640 mil ha) é, conseqüentemente, desde muito tempo, responsável pela maior fatia da produção nacional dessa frutícola. Na região, são encontradas as combinações de fatores edafoclimáticos mais propícios para o desenvolvimento e a exploração econômica da cultura.

O estudo visando a elaboração do Zoneamento Pedoclimático da Cultura do Caju para a Região Nordeste mostrou que parte substancial dos solos aptos à cultura, em combinação com a variação do clima, encontra-se nos estados do Maranhão e do Piauí, respectivamente. Mesmo com a vocação dos dois estados para a cajucultura, reconhecemos a liderança atual do Ceará na produção, industrialização e comercialização de amêndoa de castanha de caju, sobretudo em volume de exportação para outros mercados nacionais e no exterior.

Essa constatação gerou a necessidade de definir, com mais detalhes, a real aptidão dos solos e do clima desses estados, dimensionando o verdadeiro potencial de cada um para a cultura. Dessa forma, possibilita-se melhor orientação aos interessados em desenvolver uma cajucultura tecnificada e lucrativa e com menores riscos. Esse interesse vem crescendo a partir das conclusões do zoneamento regional.

O Banco do Nordeste, perfeitamente identificado com as necessidades dos estados nordestinos, financiou a pesquisa e a Embrapa Agroindústria Tropical realizou o Zoneamento Pedoclimático da Cultura do Caju para o Estado do Maranhão, tendo como seqüência a realização do estudo para o Piauí. Este trabalho foi estruturado segundo uma escala de 1:1.000.000, o que assegura um nível de detalhamento maior do que aquele definido para o Nordeste. No entanto, o resultado não exclui a possibilidade de existirem manchas de solo com aptidão em áreas classificadas como inaptas, o que seria identificado caso a escala fosse ainda maior.

O Maranhão foi priorizado em decorrência do interesse manifestado pelas instituições estaduais públicas e privadas em implantar uma vasta área de produção com o cajueiro. Além disso, o zoneamento regional mostrou que no Maranhão está situado o maior número de áreas aptas à cultura – o que justifica, também, a prioridade do Estado.

A metodologia para a sua realização obedeceu ao padrão utilizado no Zoneamento da Região Nordeste, onde foram considerados todos os fatores climáticos e pedológicos, em confronto com as necessidades da cultura. Particularmente, em relação ao Maranhão, o clima é apto para a cultura do caju, havendo algumas restrições nas características do solo ou condições ambientais como, por exemplo, a fertilidade natural, a textura, a drenagem, a pedregosidade, o relevo e a altitude, dentre outras, registradas com diferentes intensidades.

Conseqüentemente, a definição e a delimitação das áreas com potencialidade para a cultura obedeceu a critérios pedológicos, tendo por base as características do solo e as condições ambientais.

O criterioso e competente desempenho da equipe responsável pela realização deste trabalho assegura a qualidade dos resultados. Os dados servirão como base para a tomada de decisão pelas autoridades constituídas, em relação ao desenvolvimento de uma cajucultura forte e rentável no Maranhão. Também será uma fonte de consulta para estudantes, professores, pesquisadores e, especialmente, empresários interessados em explorar, racionalmente, essa atividade.

Francisco Férrer Bezerra
Chefe-Geral
Embrapa Agroindústria Tropical

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO	13
METODOLOGIA	13
EXIGÊNCIAS DA CULTURA	14
ZONEAMENTO CLIMÁTICO	14
PARÂMETROS CLIMÁTICOS	14
Precipitação	14
Temperatura do ar	16
Balanço hídrico	17
CARTA DO ZONEAMENTO CLIMÁTICO	17
ZONEAMENTO PEDOLÓGICO	17
CLASSES DE POTENCIAL DE USO DA TERRA PARA A CULTURA DO CAJU ...	18
Fatores limitantes ou restrições básicas	18
Índices dos graus de dificuldade para os fatores mapeados	19
CLASSES MAPEADAS.....	19
Quantitativo das classes de potencial mapeadas	19
Descrição das principais classes mapeadas	23
ZONEAMENTO PEDOCLIMÁTICO	27
RESULTADOS E CONCLUSÕES	27
AGRADECIMENTOS	29
REFERÊNCIAS	29

ZONEAMENTO PEDOCLIMÁTICO PARA A CULTURA DO CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L.) NO ESTADO DO MARANHÃO

RESUMO - O Maranhão possui uma extensão territorial da ordem de 324.620 km², quase totalmente apta, quanto ao clima, para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). Entretanto, algumas áreas sofrem restrições do solo ou de condições ambientais. Fatores limitantes como: fertilidade natural, textura, drenagem, pedregosidade, relevo e altitude, ocorrem de forma atenuada, moderada ou forte. Com o objetivo de classificar tais terras quanto à aptidão pedoclimática para implantação e condução da cultura do cajueiro empregando alta tecnologia, nível de manejo C, este trabalho foi desenvolvido a partir do zoneamento climático, que considerou o balanço hídrico para diferentes cenários pluviométricos, e do levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. A ordenação das classes obedeceu a graus crescentes de dificuldades ou restrições quanto ao potencial de uso e manejo das terras: P - preferencial; R - regular; M - marginal; Ni - não indicadas. O trabalho foi processado no sistema de informações geográficas ArcInfo. O resultado final é apresentado em mapa geocodificado, escala 1:1.000.000, acompanhado de texto explicativo. O Estado do Maranhão dispõe de aproximadamente 211.900 km² de terras aptas, das quais cerca 99.000 km² (30% do estado) são consideradas com aptidão pedoclimática preferencial e em torno de 112.000 km² (35% do estado) com aptidão regular. A maioria dessas terras está relacionada com as chapadas baixas e intermediárias, localizadas, principalmente, na parte centro-sul e leste do estado.

CLIMATE AND SOIL ZONING TO CROP CASHEW TREE (*Anacardium occidentale* L.) ON THE MARANHÃO STATE

ABSTRACT - The Maranhão State has a territorial extension of 324,620 km², almost totally apt to cashew tree crop (*Anacardium occidentale* L.) in relation to climate. However, some areas have limitations of soil or environment conditions. Limiting factors, like natural soil fertility, texture, drainage, stony, relief and altitude, may occur in attenuated, moderated or strong intensity. With the aim of classify the state ground for the climate and soil aptness for the cashew tree crop, employing high technology, this work was developed with base on the climate zoning, considering the hydric balance for different pluvial scenarios, and on the exploratory-reconnaissance soil survey of the Maranhão state. The ordering of the classes follows increasing degrees of difficulty or restrictions for the use and management of the lands: P – Preferential; R - Regular; M - Marginal and NI - Not indicated. The work was processed in the ArcInfo GIS (Geographical Information System). The final result is presented in a geographically referred map, on the scale 1:1,000,000, accompanied by an explaining text. The Maranhão State has approximately 211,000 km² of apt lands, of which, about 99,000 km² (30% of the state) are considerate with good climate and soil aptness and approximately of 112,000 km² (35% of the state) with regular aptness. The majority of these lands are related with the low and intermediate tablelands, located mainly on the centre-south and east regions of the state.

INTRODUÇÃO

O Estado do Maranhão ocupa uma área de, aproximadamente, 324.620km², desta, cerca de 50.000 hectares é cultivada com cajueiro (*Anacardium occidentale* L), cujo rendimento médio, nos últimos anos, tem sido inferior a 220 kg/ha, segundo estimativas da Fundação IBGE (1995).

Em todo o Nordeste, até a década de 60, predominava o cultivo extensivo do cajueiro, principalmente na zona litorânea (Pimentel, 1988). A partir de 1968, os produtores foram incentivados pela SUDENE (artigo 34/18), PROTERRA (Decreto-lei nº 1.134) e Banco do Brasil (FISSET), posteriormente, utilizaram o FINOR - Reflorestamento e Fundo de Investimento do Nordeste (Paula Pessoa & Parente, 1991). Tais incentivos foram os principais indutores da expansão da cajucultura de forma mais organizada. No entanto, o seu plantio ocorreu com sementes de pé-franco, em solos impróprios, nas condições climáticas desfavoráveis e manejo inadequado dos pomares, ocasionando baixa produtividade.

A cajucultura tem um papel importante na sócio-economia da Região Nordeste, por ocupar a maior parte da mão-de-obra agrícola no período de outubro a dezembro, entressafra das culturas anuais, não concorrendo com as culturas de subsistência da região, a exemplo do milho e do feijão, e, ainda, por ser um dos principais produtos de exportação.

Por meio do melhoramento genético, a Embrapa desenvolveu clones com características de nanismo, precocidade e alta produtividade, cuja utilização em plantios com tecnologia moderna pode contribuir para transformar a exploração, hoje extrativista, em um negócio rentável.

Em função dessa importância econômica e atendendo a demandas de órgãos que elaboram a política desenvolvimentista da Região Nordeste, a Embrapa Agroindústria Tropical promoveu a elaboração do Zoneamento Pedoclimático da Cultura do Caju para a Região Nordeste do Brasil (escala 1:2.000.000). Em consequência deste fato, houve um aumento da demanda dos produtores para ampliação das áreas produtoras com a cultura do cajueiro no Maranhão.

Com o apoio do Banco do Nordeste, foi desenvolvido o zoneamento pedoclimático para o estado, cujo objetivo foi identificar áreas com aptidão pedoclimática para a cultura do cajueiro, empregando alta tecnologia que corresponde ao nível de manejo C, em todo o estado maranhense e estimar a porcentagem de áreas aptas para a cultura do cajueiro, por município. Este estudo representará um material básico para orientar órgãos financiadores e de planejamento e para racionalização do cultivo do cajueiro no Estado do Maranhão.

METODOLOGIA

Foram considerados os fatores climáticos e pedológicos e analisadas as necessidades da cultura, sendo adotado um conjunto de procedimentos metodológicos que norteou todas as fases deste trabalho. Vale salientar que a metodologia para as análises da necessidade da cultura, assim como para elaboração do zoneamento climático foi a mesma empregada no zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais (Aguiar et al., 2000).

EXIGÊNCIAS DA CULTURA

Os parâmetros do clima e do solo que definiram os requerimentos da cultura do cajueiro foram estabelecidos a partir de estudos de especialistas em cajucultura e da realização de pesquisa bibliográfica sobre o assunto. Referidos parâmetros são mostrados na Tabela 1.

ZONEAMENTO CLIMÁTICO

O zoneamento climático foi elaborado com base nos dados de precipitação e temperatura do ar, de acordo com Thornthwaite & Mather (1957).

PARÂMETROS CLIMÁTICOS

Foi utilizado o banco de dados pluviométricos da SUDENE (1990). Embora o Nordeste disponha de longas séries históricas, no Estado do Maranhão, do total de 63 postos pluviométricos, apenas um dispõe de série de mais de 30 anos, 32 postos apresentam séries entre 20 e 30 anos e 30 postos têm apenas disponíveis dados de menos de 20 anos de observação. Além disto, o início das séries não é uniforme. Por esta razão, mesmo contrariando o conceito das normais climatológicas, que recomenda a utilização de séries históricas de 30 anos ou mais, contados em todos os locais estudados a partir da mesma data, foram utilizados dados de todos os postos existentes. Os dados de temperatura são restritos em todo o Nordeste e para estimá-los, para todos os locais onde existiam os dados de chuva, foi feita uma regressão linear.

Precipitação

Os dados de precipitação pluviométrica foram previamente analisados e homogeneizados pela Sudene, utilizando a metodologia de Hiez (1978). Esses dados constituem-se no melhor acervo pluviométrico da região Nordeste, atualmente existente. Referem-se aos totais mensais e anuais de precipitação do estado, abrangendo informações coletadas em 63 postos espalhados pelo Maranhão. A partir daí, foram traçadas as isoiêtas. Não foi possível obter dados para as localidades próximas aos limites dos Estados do Pará e do Tocantins, indispensáveis para a definição precisa das isolinhas nesses limites.

• Distribuição da precipitação

É prática corrente efetuar estimativas do balanço hídrico climático usando valores médios temporais dos totais mensais de precipitação, obtidos para longas séries de dados (Thornthwaite e Mather, 1957). Essa metodologia, no entanto, admite, implicitamente, que a média climatológica da precipitação representa a chuva esperada com 50% de probabilidade, ou que os totais pluviométricos distribuem-se de forma gaussiana, em que a média equivale à moda da distribuição. Foi comprovado para diferentes áreas do Nordeste (Varejão-Silva et al., 1984; Silva, 1985; Braga e Varejão-Silva, 1990), que a distribuição dos totais mensais de chuva não segue a distribuição normal, ajustando-se melhor a uma distribuição gama incompleta (Hargreaves, 1973; Azevedo, 1974; Mosiño, 1981; Mosiño & Miranda, 1979). Neste trabalho utilizou-se a distribuição gama incompleta, seguindo a conceituação de Thom (1951). Os parâmetros dessa distribuição foram obtidos mês a

TABELA 1. Classes de aptidão versus parâmetros pedoclimáticos do cajueiro no Nordeste. Fortaleza, CE, 1997.

Classes	Parâmetros								
	Altitude (m)	Precipitação (mm/ano)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa (%)	Erosão/mecanização e relevo (%)	Profundidade do lençol freático (m)	Profundidade do solo (m)	Textura (%)	Drenagem
Excelente/ boa	0 < Alt. < 300	800 < P < 1.500 (período seco de 4 a 5 meses)	19 < TM < 34	65 < UR < 85	10 > declive > 0 Rocha na superfície < 10	2,5 < PL < 6,0	PS > 2,0	15 < arg. < 30	Boa drenagem
Regular	300 < Alt. < 600	600 < P < 800 (período seco de 5 a 7 meses)	34 < TM < 40 16 < TM < 19	65 > UR > 40	35 > declive > 10 20 > Rocha na superfície > 10	8,0 > PL > 6,0	1,5 < PS < 2,0	8 < arg. < 15 30 < arg. < 70 Tipo 1:1 0 < casc. < 20	Acentuadamente drenado
Restrita	600 < Alt. < 900	500 < P < 600 (período seco de 5 a 7 meses)	15 < TM < 16 40 < TM < 42	90 > UR > 85	40 > Rocha na superfície > 10	10,0 > PL > 8,0	1,0 < PS < 1,5	30 < arg. < 40 Tipo 2:1 0 < casc. < 40	Moderadamente drenado
Inapta	Alt. > 900	P < 500 (período seco superior a 7 meses)	TM > 42 TM < 15	UR < 40 UR > 90	Declive > 35 Rocha na superfície > 40	PL < 1,0 PL > 10,0	PS < 1,0	arg. < 8 arg. > 40 Tipo 2:1 arg. > 70 Tipo 1:1 casc. > 40	Mal drenado Excessivamente drenado

Fonte: Embrapa Agroindústria Tropical.

mês para cada localidade pelo método de máxima verossimilhança segundo Mielke (1976), que fornece resultados mais realistas do que o método dos mínimos quadrados. Para verificação do ajustamento foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1980).

- Discriminação dos anos quanto à precipitação

Para tornar a climatologia da precipitação mais condizente com a variabilidade climática do Nordeste, os anos hidrológicos foram distribuídos em três categorias: “secos”, “regulares” e “chuvosos”, levando-se em conta a distribuição dos totais acumulados nos seis meses consecutivos mais chuvosos, haja vista ser o cajueiro uma planta perene. Utilizaram-se os seguintes critérios:

“Anos secos”- aqueles em que o total de precipitação, acumulada nos seis meses consecutivos mais chuvosos, é igual ou menor que o valor correspondente à probabilidade de 25%, calculada pelo processo anteriormente descrito.

“Anos chuvosos”- aqueles cujo total de precipitação, acumulado nos seis meses consecutivos mais chuvosos, é superior ao valor correspondente à probabilidade de 75%.

“Anos regulares”- todos os não classificados nas duas categorias anteriores.

Este procedimento possibilitou que fossem efetuadas três estimativas distintas do balanço hídrico (usando-se o conjunto de dados de precipitação incluídos em cada uma dessas categorias) para cada localidade, com séries pluviométricas em torno de 20 anos. A adoção desses três distintos “cenários pluviométricos” oferece melhor caracterização do campo da precipitação do que o simples uso de isoietas médias, porque a média aritmética não tem representatividade para precipitação no Nordeste.

Temperatura do ar

- Disponibilidade de dados

Os dados de temperatura média do ar foram cedidos pelo Departamento Nacional de Meteorologia (DNMET) e se referem a valores médios mensais das temperaturas compensadas, máximas e mínimas diárias. O acervo de dados de temperatura é muito restrito, quando comparado ao pluviométrico, impossibilitando o traçado de isotermas e restringindo demasiadamente o número de localidades para as quais é possível efetuar os balanços hídricos. Daí por que as médias de temperatura foram estimadas, através de regressão linear, para as localidades onde inexistiam os dados respectivos.

- Estimativa das médias das temperaturas

Como já foi mencionado, existem muito mais postos pluviométricos do que térmicos e para contornar esse impasse foi necessário estimar as temperaturas (compensada, máxima e mínima) mensais médias, usando-se o seguinte modelo linear:

$$t_m = A_m + B_m \varphi + C_m \lambda + D_m z,$$

onde, t_m é o valor estimado da temperatura (compensada, máxima, mínima); m é a média do mês ($m = 1, 2, 3... 12$); φ , λ e z simbolizam, respectivamente, a latitude, a longitude e a altitude do local; A_m , B_m , C_m e D_m são os coeficientes de regressão linear múltipla, estimados, para cada mês, levando-se em conta todas as localidades às quais se dispunham de dados.

A relativa carência de dados de temperatura não possibilitou efetuar nenhuma discriminação térmica quanto aos anos “secos”, “regulares” e “chuvosos”.

Balanço hídrico

Balanços hídricos climatológicos foram estimados para cada localidade e, separadamente, para cada cenário pluviométrico (anos “secos”, “regulares” e “chuvosos”), usando-se o método proposto por Thornthwaite & Mather (1957), para a capacidade de armazenamento de água pelo solo de 125 mm, valor considerado adequado à cultura do cajueiro, nos solos do Nordeste, em escala regional, conforme recomendado por Varejão-Silva et al. (1984).

CARTA DO ZONEAMENTO CLIMÁTICO

Baseado nos referidos parâmetros, elaborou-se a carta de zoneamento climático para o Nordeste. A região foi dividida em seis zonas, de acordo com a aptidão climática para a cultura do cajueiro:

- A - Inapta por excesso de umidade;
- B - Restrita por excesso de umidade;
- C - Aptidão plena;
- D - Restrita por deficiência de umidade;
- E - Inapta por deficiência de umidade;
- F - Inapta limitada por temperatura baixa.

Para o Estado do Maranhão, elaborou-se a carta do zoneamento climático, na escala de 1:1.000.000 e todo o estado foi considerado apto para a cultura do cajueiro (C - Aptidão plena). Vale ressaltar que tais resultados foram baseados em dados climatológicos com restrições impostas pelos grandes vazios demográficos, carência de séries temporais superiores a 30 anos e ausência de postos pluviométricos na fronteira com os Estados do Tocantins e do Pará, entre outras.

ZONEAMENTO PEDOLÓGICO

Embora o Estado do Maranhão, seja considerado totalmente apto à cultura do cajueiro quanto ao clima, algumas áreas sofrem restrições quanto às características do solo ou de condições ambientais, tais como: fertilidade natural, textura, drenagem, pedregosidade, relevo e altitude, entre outras. Tais restrições, ocorrem de forma atenuada, moderada ou forte.

Os estudos para definição e delimitação das áreas com potencialidade para a cultura do cajueiro obedeceram a critérios pedológicos, tomando-se por base as características do solo e suas condições naturais, especialmente climáticas e geomorfológicas. As classes de potencial foram definidas conforme as características do solo (morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas) e suas interações com os fatores agregados, onde se destaca a situação topográfica da área de ocorrência. Dentro desta ótica, procurou-se inferir a potencialidade das terras, a partir das propriedades do solo, tais como profundidade, fertilidade natural, textura, capacidade de água disponível, entre outros. Concomitantemente, todos esses dados foram compatibilizados com as necessidades da cultura.

Os conceitos e critérios adotados como referência, obedeceram, principalmente, aqueles de “Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras” (Ramalho Filho & Beek, 1995), no sistema de manejo desenvolvido – sistema C – no qual se preconiza o emprego de alta

tecnologia. Esses critérios foram complementados com o sistema de identificação das classes de potencial de uso da terra, proposto por Cavalcanti (1999). Neste trabalho, as terras são classificadas, levando-se em consideração o máximo de seu potencial, isto é, sendo-lhes oferecidas todas as condições ideais de produtividade que permitam atingir a otimização do processo produtivo. Essas avaliações de potencialidade de uso das terras não podem prescindir dos conceitos clássicos propostos pela FAO (1976), bem como aqueles de “Capacidade de Uso da Terra” apresentados por Lepesch et al. (1991).

CLASSES DE POTENCIAL DE USO DA TERRA PARA A CULTURA DO CAJU

A avaliação do potencial de uso da terra preconizada neste trabalho caracteriza seis classes; sendo as de 1 a 4 consideradas como terras agricultáveis, ou seja, aptas à prática de culturas diversas e, em especial, para a cultura do cajueiro e as classes 5 e 6 descritas como inaptas. A ordenação dessas classes obedece a graus crescentes de dificuldades quanto ao potencial de uso e manejo das terras.

Os estudos específicos para definição das áreas com potencial para a cultura do cajueiro em solos maranhenses, levou em consideração quatro grupos genéricos de potencial: Preferencial (P), Regular (R), Marginal (M) e Não Indicado (NI).

- P - Preferencial - abrange as terras de classes de terra 1 e 2;
- R - Regular - relacionado com terras de classe 3;
- M - Marginal - relacionado com terras de classe 4;
- NI - Não indicadas - relacionado com terras de classe 5 e 6.

Deve-se registrar que solos de classe 1 não foram destacados nas unidades de mapeamento, nesse nível generalizado do trabalho, no Estado do Maranhão. Por sua vez, a classe 5 (recomendada para reflorestamento e/ou pastagem), está, neste caso, dentro das áreas não indicadas para a cultura do cajueiro.

Fatores limitantes ou restrições básicas

Considera-se fator limitante, a restrição (fator de impedimento ou deficiência) que é inerente às propriedades do solo e à situação ambiental, tais como: pequena profundidade, baixa fertilidade natural, relevo acidentado, entre outros.

Cada fator limitante somente está indicado na legenda quando, de fato, passe a oferecer restrições que mereçam ser anotadas; tornando-se implícito que a sua ausência representa a não ocorrência do fator como restrição preponderante. Pode significar, também, que não se faz necessária a citação, em virtude do fator limitante estar atrelado a outro fator preponderante, já indicado (exemplo: baixa retenção de água atrelada à granulometria arenosa).

A classe 1 oferece pouca ou nenhuma restrição de uso, podendo requerer ou não a indicação de algum fator limitante de grau atenuado (índice 1). As demais classes agricultáveis (2 a 4) necessitam que sejam indicados os principais fatores limitantes, em número de um a três.

De acordo com as propriedades do solo e situação ambiental, são considerados, como principais, os seguintes fatores limitantes ou restrições básicas:

Índices dos graus de dificuldade para os fatores limitantes

- a - granulometria muito argilosa;
- c - pedregosidade ao longo do perfil – material pétreo (concreções e/ou fragmentos de rocha tamanho cascalhos e calhaus);
- d - drenagem interna (drenabilidade do solo - condição local de drenagem);
- e - risco de erosão;
- f - fertilidade natural e produtividade (referência ao pH, soma de bases trocáveis, capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases);
- h - altitude elevada, oferecendo restrição para a cultura;
- i - risco de inundação por fatores externos (enchentes);
- n - sodicidade (elevada saturação por sódio, $100\text{Na}^+/\text{CTC}$);
- p - profundidade efetiva;
- q - granulometria areno-quartzosa (textura grosseira ou equivalente);
- r - rochosidade (ocorrência de afloramentos rochosos);
- s - salinidade (aferida pela condutividade elétrica);
- t - topografia (forma do relevo e declividade do terreno);
- u - umidade - capacidade de armazenamento de água disponível;
- w - risco de encharcamento (condição ambiental de drenagem da bacia hidrográfica);
- x - pedregosidade externa, superficial.

O grau de dificuldade desses fatores nas classes agricultáveis variam entre atenuado e forte e, nas classes não indicadas para agricultura, variam entre muito forte e extremamente forte.

CLASSES MAPEADAS

Quantitativo das classes de potencial mapeadas

Após estudos de avaliação qualitativa e quantitativa da potencialidade dos solos do Estado do Maranhão para a cultura do cajueiro, foram elaborados dois quadros onde constam as unidades de potencial de uso das terras, os principais fatores limitantes, a extensão (em km^2), o respectivo percentual e as correspondências com as classes de solo que serviram para orientar a presente interpretação.

Na Tabela 1, estão listadas as unidades de mapeamento, ordenadas conforme as classes de potencial mapeadas como primeiro componente. A Tabela 2 apresenta uma estimativa do quantitativo de cada classe de potencial, de acordo com os respectivos fatores limitantes, valores estes obtidos através de cálculos a partir dos dados constantes da Tabela 1.

TABELA 2. Listagem das unidades de mapeamento, com as classes de potencial e respectivos fatores limitantes, extensão (km²), percentagem e correspondência com as unidades de solo.

Potencial de uso	Classe de terra	Extensão km ²	Percentagem	Unidades de solo (Isoladas ou associadas)
Unidades de mapeamento com mais de 85% com potencial PREFERENCIAL				
P	2 f	5.889,724	1,814	LA8, LA16, LA33, LE1, LE2, LEh, PV5, PE1
P	2 f (+ 2 ft)	718,546	0,221	LA35 + PV11
P	2 fh	11.686,424	3,600	LA 29, (LA30)
P	2 ca + 2 f	2.502,760	0,771	TR2, LR, (TR1)
Unidades de mapeamento com ± 70% PREFERENCIAL e ± 30% REGULAR				
P (+ R)	2 f (+ 3 cf)	25.264,321	7,782	LA7, LA11, LA12, LA18, LA19, LA20, LA21, LA23, LA24, LA25, PV16, (PVc5, PVc12)
P (+ R)	2 f (+ 3 cft)	4.523,269	1,393	LA16 + LA17 + LA18, LA14, (LA13)
P (+ R)	2 fq (+ 3 cft)	29.774,086	9,172	LA21, LA26, LA40, LA41, (LA42+AQ5), PV10, (PV11), PVc7, LA42 + PVc19
P (+ R)	2 ft (+ 3 df)	738,387	0,227	PV11, PV20
P (+ R)	2 d (+ 3 df)	1.338,584	0,412	PE9, PE14, PE15, (PE19)
Unidades de mapeamento com ± 55% PREFERENCIAL e ± 45% REGULAR				
P + R	2 f + 3 df	629,203	0,194	PE2, PV16 (+PT3)
P + R	2 fq + 3 fq	8.127,928	2,504	LA40, LA42
P + R	2 dt + 3 df	1.024,769	0,316	PE11
P + R	2 d + 3 df	6.317,159	1,946	PE11, PE14, PE15, PE16
P + R	2 dt + 3 pdt	2.477,265	0,763	PE7, PE20, PE21, (PE16), PE17, PE19
Unidades de mapeamento com ± 70% PREFERENCIAL e ± 30% MARGINAL				
P (+ M)	2 f (+ 4 cft)	17.308,375	5,332	LA18, LA24, LA25, LA28, LA36, LA37, LA42, (PVc11, PVc14, PVc17, PVc19)
P (+ M)	2 ft (+ 4 cft)	3.523,787	1,085	PV7, PV8, PV9, PVc9
P (+ M)	2 f (+ 4 dw)	3.699,390	1,140	LA36 (+ LA37)
Unidades de mapeamento com mais de 85% com potencial REGULAR				
R	3 fa	500,801	0,154	LA5
R	3 fa + 3 tf	2.402,278	0,740	LA4
R	3 tf + 3 df	8.808,317	2,713	PV12, PV13, PV14, (PV11, PT11, PT12)
R	3 fq	5.114,375	1,575	AQ4, AQ7 ((R1, R3))
R	3 fq (+ 3 cf)	1.612,268	0,497	AQ2, (PVc2)
R	3 cf (+ 3 df)	1.348,370	0,415	PVc10, PVc14
R	3 cft (+ 3 df)	1.101,400	0,339	PV12, PVc14, PVc15, PVc25, PVc29, PT3
R	3 cft (+ 3 fq)	554,825	0,171	PVc13
R	3 di	1.440,346	0,444	A1, A2
R	3 di (+ 3 df)	255,538	0,079	A1 (+ PT25)
Unidade de mapeamento com ± 70% REGULAR e ± 30% PREFERENCIAL				
R (+ P)	3 cft (+ 2 f)	3.095,390	0,954	PVc11, PE8, LA32, (LA5)
Unidade de mapeamento com ± 55% REGULAR e ± 45% PREFERENCIAL				
R + P	3 tf + 2 fq	1.328,420	0,409	PV18
R + P	3 fq + 2 fq	6.480,818	1,996	AQ5, AQ8, (LA40, PVc17), ((R1, R2))
R + P	3 cft + 2 d	7.214,903	2,222	PVc28, PVc24, PE15, PVc29, PE10, PE14

Continua

TABELA 2. Continuação.

Potencial de uso	Classe de terra	Extensão km ²	Porcentagem	Unidades de solo (Isoladas ou associadas)
<u>Unidade de mapeamento com ± 70% REGULAR e ± 30% MARGINAL</u>				
R (+ M)	3 df (+ 4 cfd)	43.868,340	13,513	PT4, PT5, PT6, PT,9 PT11, PT14, PT15, PT16, PT18, PT19, PT23,
R (+ M)	3 df (+ 4 dw)	412,213	0,127	PT15
<u>Unidade de mapeamento com ± 70% REGULAR e ± 30% NÃO INDICADA</u>				
R (+ N)	3 df (+ 6 p)	4.575,002	1,409	PT20, PT22, PT24, PT26
<u>Unidade de mapeamento com ± 55% REGULAR e ± 45% NÃO INDICADA</u>				
R + N	3 ca + 6 ad	3.065,971	0,944	TR3 (+LA49+TR5)
R + N	3 di + 6 dw	587,072	0,181	A4 + A5
R + N	3 fa + 6 tfa	23.138,993	7,128	LA1, LA2, (LA3), LA4, PV1, PV4
<u>Unidades de mapeamento com mais de 85% com potencial MARGINAL</u>				
M	4 tf	4.490,119	1,383	PE4, PE5
M	4 ctf	1.049,655	0,323	PVc2, PVc4, PTc3
<u>Unidade de mapeamento com ± 70% MARGINAL e ± 30% REGULAR</u>				
M (+ R)	4 ctf (+ 3 df)	9.801,070	3,019	PVc2, PVc14, PVc15, PVc16, PVc20, PVc23, PVc24, PVc26, PTc3, (LA14, PVc10, PVc19)
M (+ R)	4 pd (+ 3 df)	814,275	0,251	PE22, PE23
<u>Unidade de mapeamento com ± 70% MARGINAL e ± 30% NÃO INDICADA</u>				
M (+ N)	4 ctf (+ 6 ptr)	1.367,017	0,421	PVc19, PVc18
M (+ N)	4 fq (+ 6 qft)	10.239,924	3,154	AM1, (AM2, AM3, AQ9, AQ10, G1)
M (+ N)	4 pd (+ 6 dp)	226,228	0,070	Ce1
<u>Unidade de mapeamento com ± 55% NÃO INDICADA e ± 45% REGULAR</u>				
N + R	6 ad + 3 ad	461,912	0,142	V1, ((TR3))
<u>Unidade de mapeamento com ± 70% NÃO INDICADA e ± 30% REGULAR</u>				
N (+ R)	6 ad (+ 3 ca)	581,454	0,179	V2, (TR4)
<u>Unidade de mapeamento com ± 70% NÃO INDICADA e ± 30% MARGINAL</u>				
N (+ M)	6 ds (+ 4 dw)	9.177,486	2,827	SM, G4 (G2, G3, A4)
<u>Unidades de mapeamento com mais de 85% sem potencial - NÃO INDICADAS</u>				
N	6 tfa	7.735,080	2,383	PV2, PV3, (LA1)
N	6 qft	1.603,810	0,494	D, AM4
N	6 ptr	27.750,348	8,548	R1, R2
N	6 ad	204,340	0,063	V3
N	6 ad + 6 ptr	142,978	0,044	V4
N	6 ds	4.397,060	1,354	SM
N	6 ds + 6 dp	605,329	0,186	SM, PL3
ÁGUAS		1.522,000	0,469	
TOTAL GERAL		324.619,730	100,00	

TABELA 3. Classes de potencial com seus fatores limitantes (e solos de referência). Estimativa obtida através de cálculos dos percentuais aproximados extraídos das unidades de mapeamento.

Potencial ⁽¹⁾	Classe de terra	Fatores limitantes	Solos de referência ⁽²⁾	Extensão	
				(km ²)	(%)
P	2 f	fertilidade(f)	LA, LE, PV	44.350,37	13,66
P	2 fh	fertilidade(f), altitude(h)	LA	11.686,42	3,60
P	2 ft	fertilidade(f), topografia(t)	PV	3.199,09	0,99
P	2 fq	fertilidade(f), textura arenosa(q)	LA+AQ	28.826,38	8,88
P	2 ca	concreções(a), textura muito argilosa(a)	TRe	1.376,52	0,42
P	2 d	drenagem(d)	PEplt, PVplt	7.658,15	2,49
P	2 dt	drenagem(d), topografia(t)	PEplt, PVplt	1.926,12	0,59
		Total preferencial		99.023,05	30,50
R	3 fa	fertilidade(f), textura muito argilosa(a)	LA m.arg	14.548,50	4,48
R	3 tf	topografia(t), fertilidade(f)	PV, PE	6.656,23	2,05
R	3 fq	fertilidade(f), textura arenosa(q)	AQ+LA	13.631,43	4,20
R	3 cf	concreções(c), fertilidade(f)	PVc	9.006,84	2,77
R	3 cft	concreções(c), fertilidade(f), topografia(t)	PVc	17.583,54	5,42
R	3 ca	concreções(c), textura muito argilosa(a)	TR	1.860,72	0,57
R	3 pdt	profundidade(p), drenagem(d), topografia(t)	BV	1.114,77	0,34
R	3 df	drenagem(d), fertilidade(f)	PT	46.368,93	14,28
R	3 di	drenagem(d), risco de inundação(i)	A	1.942,11	0,60
R	3 ad	textura muito argilosa(a), drenagem(d)	TR	207,86	0,06
		Total regular		112.920,93	34,79
M	4 tf	topografia(t), fertilidade(f)	PE/PV	4.490,12	1,38
M	4 qf	textura arenosa(q), fertilidade(f)	AM	7.167,95	2,21
M	4 ctf	concreções(c), topografia(t), fertilidade(f)	PVc	15.116,97	4,66
M	4 pd	profundidade(p), drenagem(d)	PEr/BV, Ce	728,35	0,22
M	4 cdf	concreções(c), drenagem(d), fertilidade(f)	PTc	13.160,50	4,05
M	4 dw	drenagem(d), lençol freático elevado(w)	HG, PT, AQh	3.986,73	1,23
		Total marginal		44.650,62	13,75
NI	6 tfa	topografia(t), fertilidade(f), text. m.argilosa(a)	PV	18.147,63	5,59
NI	6 ptr	profundidade(p), topografia(t), rochosidade(r)	R	28.224,79	8,69
NI	6 p	profundidade(p)	R	1.372,50	0,42
NI	6 qft	textura arenosa(q), fertilidade(f), topografia(t)	D	4.675,79	1,44
NI	6 dp	drenagem(d), profundidade(p)	PL	340,27	0,10
NI	6 ad	textura muito argilosa(a), drenagem(d)	V	2.323,74	0,72
NI	6 ds	drenagem(d), salinidade/sodicidade(s)	SM	11.154,23	3,44
NI	6 dw	drenagem(d), lençol freático elevado(w)	HG	264,18	0,08
		Total não indicado		66.503,13	20,49
		Águas		1.522,00	0,47
		Total geral		324.619,73	100,00

⁽¹⁾ Potencial: P - Preferencial; R - Regular; M - Marginal; NI - Não indicado.

⁽²⁾ Abreviaturas das classes de solo, resumidas de SUDENE (1986).

LA - Latossolo Amarelo; LV - Latossolo Vermelho-Amarelo; LE - Latossolo Vermelho-Escuro;
 PV - Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico; PE - Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico;
 PVplt - Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico plíntico;
 PEplt - Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico plíntico;
 PVc - Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, concrecionário;
 TR - Terra Roxa estruturada; BV - Brunizem Avermelhado;
 PT - Plintossolo; PTc - Plintossolo concrecionário;
 Ce - Cambissolo eutrófico; PL - Planossolo;
 AQ - Areias Quartzosas; AM - Areias Quartzosas marinhas; D - Dunas;
 HG - Solos Hidromórficos gleizados; AQh - Areias Quartzosas hidromórficas;
 A - Solos Aluviais; SM - Solos de Mangue; R - Solos Litólicos.

Descrição das principais classes mapeadas

Terras com potencial PREFERENCIAL

Foram destacadas grandes superfícies consideradas como áreas de potencial PREFERENCIAL para a cultura do cajueiro – terras da classe 2 (de potencial bom) – distribuídas por todo o estado, cujos solos oferecem um ou dois fatores limitantes, em grau de restrição atenuado ou fraco. Abrangem 99.023,05 km² (30,50% da área total do estado), com as classes descritas a seguir.

Classe 2 f - As áreas dessa classe compreendem solos muito profundos, bem drenados, textura média a argilosa, cuja restrição maior recai na baixa fertilidade natural. São extensas superfícies de topografia aplanada, relacionadas com chapadas baixas e tabuleiros, distribuídos por todo o estado, principalmente, na parte leste e se estendendo pela porção central e sul. Os solos representantes são Latossolos Amarelo, Latossolos Vermelho-Amarelos e Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos. Ocupam uma extensão da ordem de 44.350,37 km² (13,66% do total do estado).

Classe 2 fh – São áreas de Latossolos Amarelos, similares à classe anterior, que ocupam os topos das grandes chapadas, distribuídas, especialmente, na parte central e sul do estado. Suas restrições são, além da fertilidade natural, o seu posicionamento em cotas da ordem de 500-700 m. Ocupam uma extensão de 11.686,42 km² (3,60% do total do estado).

Classe 2 ft – São áreas menores, com solos profundos, bem a moderadamente drenados, apresentando restrições em grau atenuado, de baixa fertilidade natural e de topografia suave ondulada a ondulada. Os solos são das classes dos Podzólicos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos, ocupando uma área de 3.199,09 km² (0,99% do total do estado).

Classe 2 fq – As áreas dessa classe ocupam também extensas superfícies aplanadas, com solos profundos, bem a acentuadamente drenados. Têm, como principais restrições, a baixa fertilidade natural e a ocorrência parcial de granulometria mais arenosa, incorrendo, nesse caso, em baixa retenção de água. Destacam-se na parte central e sul do estado, relacionadas com chapadas baixas intermontanas às encostas das grandes chapadas altas. Os solos correspondentes são da classe dos Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos, em associação com Areias Quartzosas. Abrangem cerca de 28.826,38 km² (8,88% do total do estado).

Classe 2 ca – São pequenas áreas de solos profundos, de boa fertilidade natural, bem a moderadamente drenados. Têm, como principais restrições, a presença parcial de pedregosidade na massa do solo, e a textura argilosa a muito argilosa de baixa CTC, cujos solos correspondentes são classificados como Terra Roxa Estruturada. Estão localizadas na parte centro-ocidental do estado, entre os municípios de Imperatriz e Porto Franco, na direção de Fortaleza dos Nogueira, abrangendo cerca de 1.376,52 km² (0,42% do total do estado).

Classe 2d – As áreas correspondentes a essa classe abrangem solos profundos, com fertilidade média a elevada, textura média a argilosa, cuja maior restrição básica, em grau atenuado, está ligada às condições naturais de drenagem moderada dos solos. Ocorrem em algumas superfícies de topografia aplanada, relacionadas a solos da classe dos Podzólicos Vermelho-Amarelos eutróficos, plínticos e não plínticos. Ocupam cerca de 7.658,15 km² (2,49% do total do estado).

Classe 2 dt – São áreas menores, relacionadas com solos similares aos da classe anterior, com ocorrência em topografia suave ondulada a ondulada e alcançam cerca de 1.926,12 km² (0,59% do total do estado).

Terras com potencial REGULAR

Encontram-se, distribuídas por todo o estado, pequenas e grandes áreas de solos, consideradas como de potencial REGULAR para a cultura do cajueiro. São terras da classe 3, cujos solos oferecem um, dois ou três fatores limitantes, em grau de restrição mediano ou moderado. Abrangem uma extensão territorial da ordem de 112.920,93 km² (34,79% do estado), com as classes descritas a seguir.

Classe 3 fa - As áreas dessa classe estão situadas na parte centro-norte ocidental (na Pré-Amazônia). Quando em topografia aplanada, apresentam como principais fatores limitantes a fertilidade natural e a textura muito argilosa de baixa CTC. Os solos são das classes Latossolo Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico, ambos de textura muito argilosa; abrangendo uma extensão total da ordem de 14.548,50 km² (4,48% do total do estado).

Classe 3 tf – São áreas de solos profundos, bem a moderadamente drenados, que apresentam restrições, em grau moderado ou mediano, pela ocorrência em topografia suave ondulada a forte ondulada, além de baixa fertilidade natural. Os solos são, especialmente, da classe dos Podzólicos Vermelho-Amarelos, os quais alcançam cerca de 6.656,23 km² (2,05% do total do estado).

Classe 3 fq – São áreas correspondentes a solos muito profundos, acentuadamente drenados, textura arenosa a média, cujas restrições maiores recaem na baixa fertilidade natural, na textura arenosa (associada à baixa capacidade de retenção de água). Ocorrem em extensas superfícies de topografia aplanada, relacionadas com chapadas baixas, cujos solos são da classe das Areias Quartzosas em associação com Latossolos Amarelos. Abrangem uma extensão de cerca de 13.631,43 km² (4,20% do total do estado).

Classe 3 cf - As expressivas áreas dessa classe compreendem solos de textura média a argilosa, que se caracterizam pela presença do material pedregoso e concrecionário ao longo do perfil. Quando em relevo aplanado, possuem como maior restrição a presença desse material pétreo, além da baixa fertilidade natural. Correspondem às áreas com predomínio dos solos classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelos concrecionários, em associação com outras classes, abrangendo, aproximadamente, 9.006,84 km² (2,77% do total do estado).

Classe 3 cft - Corresponde às áreas com as mesmas características da classe anterior, com a agravante de ocuparem uma topografia mais ondulada; alcançando cerca de 17.583,54 km² (5,42% do total do estado).

Classe 3 ca – Compreende pequenas áreas mais comprometidas e mais heterogêneas que aquelas consideradas como classe 2 ca, embora abriguem solos profundos, de boa fertilidade natural, bem a moderadamente drenados, classificados como Terra Roxa Estruturada. As principais restrições recaem na presença parcial de pedregosidade na massa do solo e na textura argilosa a muito argilosa, de baixa CTC. Alcançam, aproximadamente, 1.860,72 km² (0,57% do total do estado).

Classe 3 pdt - Corresponde a pequenas áreas, com solos pouco profundos, com argila de atividade alta, o que implica em restrições de drenagem, sendo esses os princi-

pais fatores limitantes, atrelados à topografia ondulada. Por sua vez, são solos de alta fertilidade natural, da classe dos Brunizem Avermelhados e alcançam apenas cerca de 1.114,77 km² (0,34% do total do estado).

Classe 3 df – As áreas dessa classe abrangem extensas superfícies, situadas, principalmente, na Baixada maranhense, cujas restrições maiores recaem nas condições de drenagem de boa parte dessas áreas. Os solos são das classes Plintossolos e Podzólico Vermelho-Amarelos plínticos. Alcançam o maior total mapeado, da ordem de 46.368,93 km² (14,28% da área total do estado).

Classe 3 ad - São áreas muito pequenas, de potencial regular, dentro de áreas onde predominam terras não indicadas. Os solos são da classe de Terra Roxa Estruturada em associação com Vertissolo. Suas restrições básicas recaem na textura argilosa a muito argilosa em combinação com a drenagem da área de ocorrência. Alcançam cerca de 207,86 km² (0,06% do total do estado).

Classe 3 di - Compreende áreas baixas, que ocupam os terraços fluviais dos principais rios. Suas maiores restrições estão ligadas às necessidades de implantação de sistemas de drenagem, além dos riscos prementes de inundação por enchentes. Os solos predominantes são Aluviais textura média e argilosa, abrangendo 1.942,11 km² (0,60% do total do estado).

Terras com potencial MARGINAL ou RESTRITO

Diversas áreas do estado são consideradas como de potencial MARGINAL ou RESTRITO – terras da classe 4 – cujos solos oferecem dois ou três fatores limitantes em grau de dificuldade forte ou acentuado. Abrangem um total de 44.650,62 km², o que corresponde a 13,75 % do estado, com as classes descritas a seguir:

Classe 4 tf – São áreas de solos profundos, bem a moderadamente drenados, que apresentam restrições em grau forte ou acentuado, de topografia movimentada, ou seja, variando de relevo ondulado a fortemente ondulado, além de baixa fertilidade natural. Os solos são, principalmente, da classe dos Podzólicos Vermelho-Amarelos, e alcançam cerca de 4.490,12 km² (1,38% do total do estado).

Classe 4 qf – Compreende uma grande superfície localizada na parte norte-oriental do estado, abaixo dos “Lençóis Maranhenses”, cujos solos são muito arenosos, muito profundos e excessivamente drenados. Ocorrem em associação com partes onduladas, tipo dunas, abrangendo cerca de 7.167,95 km² (2,21% do total do estado).

Classe 4 ctf - As áreas dessa classe compreendem solos que se caracterizam pela presença do material pedregoso e concrecionário ao longo do perfil, classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelos concrecionários. São similares àqueles colocados como 3 cft, diferenciados pela ocorrência em topografia mais movimentada, isto é, em relevo suave ondulado a forte ondulado. Alcançam cerca de 15.116,97 km² (4,66% do total do estado).

Classe 4 cdf - São expressivas áreas distribuídas na Baixada maranhense, com solos que também apresentam material pedregoso e concrecionário ao longo do perfil, particularizados pela ocorrência de drenagem restrita, sendo classificados como Plintossolos concrecionários. Abrangem um total da ordem de 13.160,50 km² (4,05% de todo o estado).

Classe 4 dw - São áreas de depressão que representam o componente da baixada, que ocorrem em associação com outros componentes de terras altas. Oferecem restrições de drenagem e de lençol freático elevado, sendo os solos classificados como um complexo de Plintossolos, Gleissolos e Areias Hidromórficas, alcançando cerca de 3.986,73 km² (1,23% do total do estado).

Terras sem potencial - NÃO INDICADO

Algumas áreas do estado se destacam com limitações mais severas, ou seja, praticamente sem potencial para a cultura do cajueiro, portanto – NÃO INDICADAS – terras das classes 5 e 6. Abrangem um total da ordem de 66.503,13 km² (20,49% do total do estado), com as classes mapeadas, descritas a seguir.

Classe 6 tfa – São áreas muito acidentadas, de topografia forte ondulada a montanhosa, com solos muito argilosos, da classe dos Latossolos Amarelos e Podzólicos Amarelos. Ocorrem na parte norte-ocidental, abrangendo a zona considerada Pré-Amazônia, alcançando cerca de 18.147,63 km² (5,59% do estado).

Classe 6 ptr – As áreas desta classe compreendem muitas encostas íngremes e pedregosas, que contornam as grandes chapadas, na parte central e sul do Estado. Correspondem também a outras superfícies onduladas e desgastadas. Os solos são geralmente rasos e pedregosos, das classes dos Litólicos e Podzólicos pedregosos, com ocorrência de afloramentos de rocha. Abrangem cerca de 28.224,79 km² (8,69% da área total do estado).

Classe 6p – São pequenas áreas aplanadas caracterizadas pela presença de solos rasos da classe dos Litólicos, que compõem o segundo componente da associação, onde predominam Plintossolos. Abrangem cerca de 1.372,50 km² (0,42% da área total do estado).

Classe 6 qft – São áreas caracterizadas pelo predomínio de Areias Quartzosas Marinhas, formando dunas, que apresentam, além de características extremamente arenosas, áreas de depressão com problemas de drenagem. São superfícies peculiares distinguidas nos Lençóis Maranhenses, que alcançam cerca de 4.675,79 km² (1,44% da área total do estado).

Classe 6dp – São áreas muito pequenas, mapeadas no extremo norte oriental, relacionadas com solos da classe dos Planossolos, que oferecem severas restrições de drenagem e de profundidade. Ocupam aproximadamente 340,27 km² (0,10% da área total do estado).

Classe 6 ad – Corresponde a algumas áreas com solos caracterizados por uma textura muito argilosa de alta CTC, o que acarreta drenagem muito lenta ao longo do perfil, que constituem as restrições básicas de uso, inviabilizando-os para a cultura do cajueiro. São solos da classe dos Vertissolos, que alcançam, aproximadamente 2.323,74 km² (0,72% da área total do estado).

Classe 6 ds – São áreas com severas restrições, especialmente de drenagem, salinidade e lençol freático elevado, que caracterizam a baixada do Golfão Maranhense e as zonas de mangue. Alcançam cerca de 11.154,23 km² (3,44% do total do Estado).

Classe 6 dw – São áreas muito pequenas dentro de terraços fluviais, com severas restrições de drenagem e de lençol freático elevado, relacionadas com solos hidromórficos das classes Gleissolos, Plintossolos e Planossolos. Abrangem cerca de 264,18 km² (0,08% do total do estado).

ZONEAMENTO PEDOCLIMÁTICO

As classes de aptidão representadas no mapa do Zoneamento Pedoclimático do Estado do Maranhão referem-se à soma das classes de aptidão dos segmentos de solo representativos, maior ou igual a 10%, no caso de unidades de mapeamento formadas por mais de uma classe de aptidão pedoclimática.

Para demonstrar a eficiência da comunicação visual e a viabilidade de representação cartográfica do sistema metodológico adotado, foi utilizado um esquema de simbolização, composto de letras e cores em diferentes tonalidades, relacionando as classes de aptidão pedoclimática e as faixas de proporções, que são também definidas na legenda do mapa.

Com base no potencial das terras para a cultura considerada, foram discriminados em mapas os seguintes grupamentos:

- **Terras com Alto Potencial** - Incluem áreas que devem apresentar classe de aptidão pedoclimática Preferencial;
P - Aptidão preferencial no nível de manejo C.
- **Terras com Médio Potencial** - Compreendem áreas que devem apresentar classe de aptidão pedoclimática Regular.
R - Aptidão Regular no nível de manejo C.
- **Terras com Baixo Potencial** - Incluem terras que devem apresentar classe de aptidão pedoclimática Marginal.
M - Aptidão Marginal no nível de manejo C.
- **Terras sem Potencial** - Incluem as terras não indicadas para cultivo no nível de manejo C.
NI - Cultivo não Recomendado no nível de manejo C.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados (Tabela 4) mostram que as terras com possibilidades para a exploração econômica da cultura do cajueiro representam 65,29% do estado, sendo 30,50% com alto potencial, classificadas como de aptidão plena e 34,79%, com médio potencial (aptidão regular). Apenas, 34,24% são ocupados por terras consideradas inaptas, sendo 13,75% de terras com baixo potencial (aptidão marginal) e 20,49% de terras sem potencial (não indicadas). As aguadas ocupam, aproximadamente, 0,5% da área total do estado.

Vale destacar que estes resultados se referem às exigências do cajueiro em relação aos parâmetros pedoclimáticos mostrados na metodologia, os quais, se forem modificados ou atualizados, podem levar a resultados diferentes.

TABELA 4. Classes de aptidão pedoclimática com suas áreas e percentuais para o Estado do Maranhão. Recife, PE, 2000.

Classes de aptidão pedoclimática	Área	
	(km ²)	(%)
Preferencial	99.023,05	30,50
Regular	112.920,93	34,79
Marginal	44.650,62	13,75
Não indicada	66.503,13	20,49
Águas	1.522,00	0,47
Total	324.619,73	100,0

Legenda:

P = Área potencial de aptidão plena;
M = Área de aptidão marginal;

R = Área de aptidão regular;
NI = Área não indicada.

O trabalho foi elaborado na escala de 1:1.000.000, o que ressalta a sua importância como um eficiente instrumento para o planejamento da exploração da cajucultura, não sendo, no entanto, excludente em relação a manchas de terras aptas não identificadas na escala utilizada e que poderão ser detectadas pela utilização de uma escala menor.

AGRADECIMENTOS

Antônio Renes Lins Aquino
Augmar Drumond Ramos
Jedaías Batista de Lima
João Eduardo Pereira Filho
Paulo César Espíndola Frota

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. de J.N.; SOUSA NETO, N.C. de; BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B. de; SILVA, E.D.V.; SILVA, F.B.R.; BURGOS, N.; VAREJÃO-SILVA, M.A. **Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 18p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 27).
- AMARAL, F.C.S. do. **Aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais**: avaliação e adequação. Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. 156p.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.55, 1995.
- ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V.V., orgs. **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. 292p.
- AZEVEDO, D.C. **Chuvas do Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura/ Instituto Nacional de Meteorologia, 1974.
- BRAGA, C.C.; VAREJÃO-SILVA, M.A. Distribution statistique des disponibilités en eau (Precipitation moins évapotranspiration) pour la production agricole, et cartographie de ces distributions. **La Meteorologie**, v.34, p.30-39, 1990.
- CAVALCANTI, A.C. **Avaliação do potencial de uso da terra sob condições dependentes de chuva**. In: CAVALCANTI, A.C. Diagnóstico ambiental e potencialidade das terras do Município de Petrolina. Recife: Embrapa - CNPS, Solos-Nordeste. 1999. Cap. 3. p.48-77.
- CEPA (Salvador-BA). **Aptidão pedoclimática por cultura do Estado da Bahia**. Salvador, 1985. 50p.
- DNMET. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília: Embrapa-SPI, 1992.
- FAO. **Soil survey interpretation and its use**. Rome, 1967. 68p. (Soil Bulletin n. 8).
- HARGREAVES, G.H. **Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil**. Logan: Utah State University, 1973.
- HIEZ, G. **Processamento dos dados pluviométricos do Nordeste**: a homogeneização dos dados. Recife: SUDENE/ORSTOM, 1978.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI Jr., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4a. aproximação. 2a. ed. rev. Campinas: SBPC, 1991. 175p.
- LIMA, V. de P.M.S., org. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB-ETENE, 1988. 486p.
- MARANHÃO. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Zoneamento agropecuário do Estado do Maranhão**. São Luís, 1994.86p.

- MASSEY Jr, F.J. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. **Journal of American Statistical Association**, v.46, p.68-78, 1980.
- MIELKE, P. W. Simple iterative procedures for two-parameter gamma distribution maximum likelihood estimates. **Journal of Applied Meteorology**, v.15, n.12, p.181-183, 1976.
- MOSIÑO, P. A. The variability of rainfall in Mexico and its determination by means of gamma distribution. **Geografiska Annaler**, v.63, n.1/2, p.1-10, 1981.
- MOSIÑO, P.A.; MIRANDA, E.G.V. Rainfall anomalies in Mexico and Central America. **Geofisica**, v.10, n.11, p.41-76, 1979.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 1995. 65p.
- RAMALHO FILHO, A. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: SUPLAN/Embrapa-SNLCS, 1983. 75p.
- SILVA, F.B.R. e; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUSA NETO, N.C. de; BRITO, L.T. del; CORREIA, R.C; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B. da; SILVA, A.B. da; ARAÚJO FILHO, J.C. de; LEITE, A.P. et al. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**. Diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina, 1993. Doc. nº. 80. EMBRAPA-CPATSA-CNPS. (Convênio Embrapa-CPATSA/ ORSTOM -CIRAD). 2v. 476p.
- SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste**. Recife, 1990. (Série Pluviométrica, 2).
- SUDENE. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986.2v. (Boletim de Pesquisa, 35; Série Recursos de Solos, 17).
- THOM, H.S.C. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review**, v.8, n.4, p.117-121, 1951.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.C. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance**. Logan: Drexel Institute of Technology, 1957. (Publications in Climatology, X:3. Centertan).
- VAREJÃO-SILVA, M.A.; BRAGA, C.C.; AGUIAR, M.J.N.; NIETZCHE M.H.; SILVA, B.B. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba**. Campina Grande: UFPB/FINEP/BNB, 1984.

