



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

BERNARDINO RAFAEL SOARES DIAS

**ÉPOCAS RECOMENDADAS PARA O PLANTIO DO FEIJÃO CAUPI NA
REGIÃO HOMOGÊNEA DE PRECIPITAÇÃO GERAIS DE BALSAS,
MARANHÃO**

SÃO LUÍS/MA

2019

BERNARDINO RAFAEL SOARES DIAS

**ÉPOCAS RECOMENDADAS PARA O PLANTIO DO FEIJÃO CAUPI NA
REGIÃO HOMOGÊNEA DE PRECIPITAÇÃO GERAIS DE BALSAS,
MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia agrônômica da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes.

SÃO LUÍS/MA

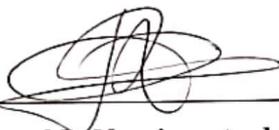
2019

BERNARDINO RAFAEL SOARES DIAS

ÉPOCAS RECOMENDADAS PARA O PLANTIO DO FEIJÃO CAUPI NA
REGIÃO HOMOGÊNEA DE PRECIPITAÇÃO GERAIS DE BALSAS,
MARANHÃO

Aprovado em 3/7/2019

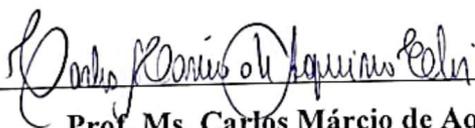
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes - Orientador

Doutor em Agrometeorologia

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA/CCA/DEA)



Prof. Ms. Carlos Márcio de Aquino Elói

Mestre em Meteorologia Agrícola

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA/CCA/NUGEO)



Eng. Agrônomo Carlos Wendell Soares Dias

Mestre em Agroecologia

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA/CCA/NUGEO)

A Deus, por sua infinita bondade,
minha família, pelo incentivo e amor,
e meus amigos, pois quem tem amigos
tem tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que em sua infinita sabedoria colocou força em meu coração para vencer essa etapa de minha vida. A fé no Senhor, sem dúvidas, me ajudou a lutar até o fim. Deus seja Louvado!

À minha família, por acreditar e investir em mim, principalmente a minha querida mãezinha, por seu imenso carinho, bondade, afeto, carinho, amor, principalmente muito amor, por sempre me incentivar a seguir em frente. Te amo muito mãe.

Ao meu pai João Bernardino Dias (in memoriam), que não pode estar presente neste momento tão incrível da minha vida, mas se hoje consegui concluir a faculdade, devo tudo a ele.

A Gisele Santos, por sempre estar a meu lado e me dar apoio e carinho mesmo em momentos difíceis.

A todos os meus amigos, especialmente a Claudio Adriano, Carlos Neto, Rafael Chaves e Wyayran Fernando, meu muito obrigado. Vocês foram fundamentais para minha formação, por isso merecem o meu eterno agradecimento.

Ao meu orientador, professor Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes, pela orientação e principalmente por ter me dado à chance de realizar este trabalho.

À Universidade Estadual do Maranhão, pela oportunidade da realização do curso e a todo corpo docente, pelos conhecimentos transmitidos durante todos esses anos.

Às pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, deixo o meu sincero reconhecimento.

Muitíssimo Obrigado!

RESUMO

O feijão caupi se destaca no Nordeste brasileiro como uma cultura de grande importância socioeconômica. O presente trabalho objetivou estabelecer as melhores épocas de plantio para a cultura do feijão caupí na região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas. O estudo foi desenvolvido para a região homogênea de Gerais de Balsas. Os dados utilizados, como histórico de precipitação pluviométrica, temperatura do ar e evapotranspiração potencial foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e estimados pelo método de Thornthwaite. No Maranhão, a precipitação é extremamente variável espacialmente e temporalmente. Com os dados de chuva e evapotranspiração potencial, foi determinado a estação de crescimento. A disponibilidade hídrica durante o ciclo produtivo da cultura foi avaliada pelo ISNA. O total da precipitação acumulado ao longo da estação de crescimento foi 1082 mm. A reposição de água no solo inicia-se no mês de novembro. A deficiência hídrica é ocasionada pelo fato da evapotranspiração potencial ser maior do que as precipitações. A semeadura do feijão-caupi, para solos de textura arenosa, tem início no último decêndio de outubro e vai até o segundo de fevereiro. A textura média, possui uma faixa de plantio menor apenas, do que o de TAG, devido seu CAD de 36 mm. Solos argilosos, podem ser semeados do início do mês de outubro ao de março. Por fim a estação chuvosa/crescimento é favorável ao cultivo do feijão caupí de sequeiro na região.

Palavras Chave: Calendário Agrícola, Balanço Hídrico, *Vigna unguiculata* (L.) Walp

ABSTRACT

Beans cowpea stands out in the Brazilian Northeast as a culture of great socioeconomic importance. The objective of this work is to establish the best planting times for the cowpea crop in the homogeneous precipitation region of Gerais de Balsas. The study was developed for the homogeneous region of Gerais de Balsas. The data used, such as rainfall history, air temperature and potential evapotranspiration were obtained from the National Institute of Meteorology - INMET and estimated by the Thornthwaite method. In Maranhão, precipitation is extremely variable spatially and temporally. With data of rainfall and potential evapotranspiration, the growing season was determined. The water availability during the productive cycle of the crop was evaluated by ISNA. The total accumulated precipitation along the growing season was 1082 mm. The replenishment of water in the soil begins in the month of November. Water deficiency is caused by the fact that potential evapotranspiration is greater than rainfall. The sowing of the cowpea, for sandy soils, begins in the last december of October and goes until the second of February. The average texture, has a smaller planting range only, than the TAG, due to its CAD of 36 mm. Clay soils can be sown from the beginning of October to March. Finally the rainy season / growth is favorable to the cultivation of dry cowpea in the region.

Key words: Agricultural Calendar, Water Balance, *Vigna unguiculata* (L.) Walp

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	–	Mapa da localização Geográfica do estado do Maranhão com suas respectivas regiões homogêneas de precipitação.....	20
Figura 02	–	Distribuição espacial das classes texturais de solos utilizadas na elaboração do calendário de plantio para a cultura do feijão caupi na região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.....	21
Figura 03	–	Caracterização da estação de crescimento para a região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.....	27
Figura 04	–	Componentes do balanço hídrico para a região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	–	Relação dos municípios pertencentes a região Gerais de Balsas.....	20
Tabela 02	–	Dados Utilizados.....	22
Tabela 03	–	Coefficientes de crescimento para a cultura do Feijão caupi.....	25
Tabela 04	–	Condições para definição das classes de risco climático para o cultivo do feijão caupi na região de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	–	Agência Nacional das Águas
CAD	–	Capacidade de Armazenamento de Água
CONAB	–	Companhia Nacional de Abastecimento
CRA	–	Curva de Retenção de Água no Solo
EMBRAPA	–	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ET _m	–	Evapotranspiração Máxima
ET _o	–	Evapotranspiração de Referência
ET _p	–	Evapotranspiração Potencial
ET _r	–	Evapotranspiração Real
IBGE	–	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	–	Instituto Nacional de Meteorologia
ISNA	–	Índice de Satisfação das Necessidades de Água
KC	–	Coeficiente de Cultivo
MAPA	–	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NUGEO	–	Núcleo Geoambiental
SARRAZON	–	Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos
ZCAS	–	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Origem e classificação.....	15
2.2	Importância socioeconômica.....	15
2.3	Exigências da cultura.....	16
2.4	Calendário Agrícola/ Zoneamento Climático	17
2.5	Disponibilidade hídrica.....	18
2.6	Regiões Homogêneas de precipitação.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Área de estudo.....	20
3.2	Dados utilizados	22
3.3	Caracterização da estação de crescimento.....	22
3.4	Caracterização do balanço hídrico climático.....	23
3.5	Disponibilidade hídrica/Calendário de plantio.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1	Estação de crescimento.....	26
4.2	Balanço hídrico.....	27
4.3	Calendário agrícola.....	28
5	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é nativo da África, tornando-se bastante cultivado nas regiões tropicais dos continentes africano, asiático e americano. É uma excelente fonte de proteínas (23 – 25%), carboidratos (62%), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura, com teor de óleo de 2% (EMBRAPA, 2003).

O feijão caupi também conhecido como feijão de corda, se destaca no Nordeste brasileiro, como uma cultura de grande importância socioeconômica por ser a principal fonte de proteína vegetal para as populações, principalmente a rural (ALMEIDA et. al, 2010). É uma cultura de grande importância na alimentação, ocorrendo no Maranhão, cultivado por agricultores familiares e médios, principalmente por sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e baixo custo de implantação.

A agricultura é a atividade econômica mais dependente das condições climáticas. Os elementos meteorológicos afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo. De acordo com Petr (1990) e Fageria (1992), citados por Hoogenboom (2000), ao redor de 80% da variabilidade da produção agrícola no mundo devem-se à variabilidade das condições meteorológicas durante o ciclo de cultivo, especialmente para as culturas de sequeiro, já que os agricultores não podem exercer nenhum controle sobre tais fenômenos naturais.

Além de influenciar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, o clima afeta também a relação das plantas com microorganismos, insetos, fungos e bactérias, favorecendo ou não a ocorrência de pragas e doenças, o que demanda medidas de controle adequadas. Muitas práticas agrícolas de campo, como o preparo do solo, a semeadura, a adubação, a irrigação, as pulverizações, a colheita, dentre outras, dependem também de condições específicas de tempo e de umidade no solo, para que possam ser realizadas de forma eficiente (PEREIRA et al., 2002). Dada a grande importância do clima para a produção agrícola, o uso de informações meteorológicas e climáticas é fundamental para que a agricultura se torne uma atividade sustentável (SIVAKUMAR et al., 2000).

Segundo Menezes (2009), o estado do Maranhão apresenta condições climáticas bem definidas, porém a distribuição espacial e temporal da precipitação é

bastante irregular, o que submete o sistema agrícola local a sérios problemas, com impactos econômicos e sociais significativos. A grande extensão territorial no sentido latitudinal contribui anualmente para a atuação de diferentes sistemas meteorológicos, contando ainda com a influência das condições dos Oceanos Atlântico e Pacífico Tropical.

Os totais anuais de precipitação pluvial sobre o estado do Maranhão estão compreendidos entre 1000 mm (Sudeste do estado) a mais de 2000 mm (Noroeste do estado), com média anual da ordem de 1500 mm, sendo os maiores totais concentrados principalmente nos meses de verão e outono, representando 50% e 28% da média anual, respectivamente, com inverno normalmente muito seco (NUGEO, 2002). No extremo Sul do Estado, as chuvas ocorrem entre outubro e abril, acumulando 90% do total anual, com pico máximo observado em janeiro e outro secundário em março. A variabilidade espacial e temporal das chuvas nessa região é maior que a verificada em outras partes do estado em decorrência do relevo e das instabilidades causadas pelos principais sistemas atmosféricos atuantes. A frente fria, e principalmente ZCAS, desempenham um importante papel nos máximos de precipitação observados no Sul do Maranhão principalmente entre os meses de novembro e janeiro.

A avaliação da disponibilidade de água durante o ciclo produtivo das culturas é fundamental para estabelecer estratégias de planejamento quanto a melhor época de plantio de forma a minimizar os riscos de perdas de safras. O planejamento hídrico é considerado o ponto de partida para o manejo integrado dos recursos hídricos, sendo que a realização do balanço hídrico climatológico (BHC) para determinada região permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo (SANTOS et al., 2010). A partir da obtenção de variáveis do balanço hídrico, um dos critérios mais utilizados para a estimativa da disponibilidade hídrica é o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA), definido pela relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração da cultura.

Portanto, estudos que venham contribuir para o entendimento dos padrões climáticos predominantes e que permitam avaliar a disponibilidade de água no solo durante o ciclo produtivo das culturas agrícolas a nível regional são importantes para estabelecer tomadas de decisão e um planejamento mais efetivo que visem reduzir as perdas inerentes as variabilidades climáticas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

- Estabelecer as melhores épocas de plantio para a cultura do feijão caupí na região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas no sul do estado do Maranhão.

1.1.2 Específicos

- Identificar e caracterizar a estação de cultivo;
- Analisar as componentes do balanço de água no solo à nível climático;
- Determinar a disponibilidade hídrica para o cultivo do feijão caupí durante o ciclo produtivo para diferentes datas de plantio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e Classificação

O feijão-caupi é uma cultura de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). No Brasil, a cultura do feijão-caupi é cultivada predominantemente nas regiões Norte e Nordeste devido ao alto valor nutritivo, baixo custo de produção, sendo uma excelente alternativa social e econômica de suprimento alimentar e geração de renda para o agricultor (FREIRE FILHO et al., 2005).

A classificação cientificamente aceita é que o feijão-caupi é uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata*, subdividida em quatro cultigrupos *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (MARÉCHAL; MASCHERPA; STAINIER, 1978; PADULOSI; NG, 1997; SMARTT, 1990; VERDCOURT, 1970).

No Brasil são cultivadas várias espécies de feijão; entretanto, para efeito de regulamento técnico, somente as espécies *Phaseolus vulgaris* (L.) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp., feijão comum e feijão-caupi, respectivamente, são consideradas como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008).

2.2 Importância Socioeconômica

A produção de feijão-caupi tem grande importância na geração de renda da agricultura familiar e atinge entre 98% a 100% da área total plantada com feijão nos estados do Maranhão, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí (CONAB, 2018; SILVA et al., 2018).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), o consumo de feijão da população brasileira é em média de 14,94 kg/habitante/ano. A estimativa de produtividade de grãos de feijão-caupi em novembro de 2018 foi de 258 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). Conforme os dados estimados da CONAB (2018), o Maranhão é o quinto maior produtor de feijão-caupi entre os estados do

Brasil, com uma produção de 52,4 mil toneladas e 89,1 mil hectares de área plantada. Entretanto, o estado ocupa a 9ª posição em produtividade média (587 kg ha⁻¹), esse baixo rendimento tem sido atribuído à incipiente tecnologia empregada no cultivo do feijão e à menor disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente o nitrogênio.

Admitindo-se que cada hectare de feijão-caupi gera 0,8 emprego/ano, considerando o consumo per capita médio do Brasil de 18,21 kg/pessoa/ano e o preço mínimo da saca de 60 kg de R\$ 80,00, constata-se que a cultura gerou, em média, 1.113.109 empregos por ano, produziu suprimento alimentar para 28.205.327 pessoas e gerou uma produção anual no valor de R\$ 684.825.333 reais (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

2.3 Exigências da Cultura

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes em função do seu pequeno e pouco profundo sistema radicular e, por possuir ciclo curto, necessita que eles estejam prontamente disponíveis nos momentos de demanda, para não limitar a produtividade (SILVA e SILVEIRA, 2000). Vieira et al. (2006) destacaram que a disponibilidade de nutrientes logo após a germinação é essencial para o estabelecimento da cultura, pois qualquer limitação no suprimento dos nutrientes, no período após a germinação da semente, atrasa e diminui a formação de raízes, comprometendo assim o crescimento das plantas.

Para o feijão-caupi alcançar um desenvolvimento satisfatório, é necessário que ocorra um regime pluviométrico entre 250 mm a 350 mm por ciclo vegetativo, podendo ser cultivado em uma ampla faixa ambiental, desde a latitude 40°N até 30°S, tanto em terras altas como baixas, tais como Oeste da África, Ásia, América Latina e América do Norte (RACHIE, 1985). O bom desenvolvimento da cultura ocorre na faixa de temperatura de 18 °C a 34 °C, ressaltando que altas temperaturas, com radiação global intensiva, aumentam a transpiração e podem causar déficit hídrico, que dependendo da fase fenológica pode comprometer o desenvolvimento da cultura com reflexo significativo nos níveis de produtividade.

Outro fator que exerce influência no crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi é o fotoperíodo. Segundo Steele e Mehra (1980), existem cultivares de feijão-caupi sensíveis e outras insensíveis ao fotoperíodo, cujo crescimento vegetativo,

arquitetura da planta e desenvolvimento reprodutivo são determinados principalmente pela interação de genótipos com a duração do dia e temperaturas do ar.

2.4 Calendário Agrícola/ Zoneamento Climático

O zoneamento agroclimático é a determinação da aptidão climática das regiões de um País, Estado ou Município. Assim, em cada região, define-se a aptidão de cada área para o cultivo de determinada espécie de interesse agrícola, considerando as exigências agroclimáticas dos cultivos e as informações macroclimáticas. O macroclima ou clima regional é condicionado pelos fatores determinantes da macroescala ou escala geográfica, como latitude, altitude, continentalidade, massas de ar, entre outros. Visto que o macroclima não pode ser alterado pelo homem para se adequar às necessidades dos cultivos, essa informação deve ser a primeira considerada no planejamento de um empreendimento agrícola (PEREIRA et al., 2002).

Para reduzir o risco climático na agricultura e diminuir as perdas de safra, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu, em outubro de 1995, o Projeto de Redução de Riscos Climáticos na Agricultura, como fase inicial de implantação do Programa de Zoneamento Agrícola do Brasil. Mediante aplicação de métodos agroclimatológicos, o Programa de Zoneamento Agrícola do Brasil passou a orientar os produtores quanto aos tipos de cultura a serem plantadas em cada região e quanto às épocas de plantio mais favoráveis (ASSAD et al., 2001). Apesar de o zoneamento agroclimático ser uma ferramenta importante no planejamento agrícola, em macroescala, tal recurso não considera as variações provocadas pelo relevo. Dentro de uma mesma região ou macroclima, podem existir diferentes condições topoclimáticas, estabelecidas em função do relevo local (PEREIRA et al., 2002 e MAVI e TUPPER, 2004).

No Zoneamento de risco climático são analisados os parâmetros de clima, solo e ciclos de cultivares, a partir de uma metodologia validada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e adotada pelo Ministério da Agricultura. Desta forma são quantificados os riscos climáticos envolvidos na condução das lavouras que podem ocasionar perdas na produção. Esse estudo resulta na relação de municípios indicados ao plantio de determinadas culturas, com seus respectivos calendários de plantio.

Na agricultura brasileira, o mais importante fator de risco climático é a precipitação pluvial, pois a seca e a chuva excessiva respondem pela maioria dos sinistros agrícolas (GÖPFERT et al., 1993). Devido a isso, o calendário agrícola, funciona como uma ferramenta que auxiliar o produtor sobre os meses que poderá ser realizada a semeadura e colheita durante o ano, afim de minimizar possíveis perdas. O Brasil destaca-se na dinamicidade do calendário agrícola de grãos, em virtude da continentalidade do país, o que permite cultivar até três safras no mesmo ano agrícola (CONAB, 2017).

2.5 Disponibilidade hídrica

A deficiência de água no solo normalmente é o fator mais limitante para a obtenção de produtividade elevada e produtos de boa qualidade, mas o excesso, também, pode ser prejudicial (SILVA e MAROUELLI, 1998). Os efeitos do déficit hídrico são iniciados quando a evapotranspiração potencial supera a taxa de absorção de água do solo pela cultura, estando associada à redução progressiva da disponibilidade de água no solo (SILVEIRA e STONE, 2001).

Segundo Pereira et al. (2002), a disponibilidade hídrica de uma região pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico (BHC), que evidencia as variações sazonais dos excedentes e deficiências hídricas através de relações entre as entradas e saídas de água de uma condição de controle, principalmente precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial (ETP), respectivamente.

De maneira generalizada, os trabalhos pioneiros de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite; Mather (1955) foram os precursores dos estudos do BHC. Para Dantas et al. (2007) os estudos de balanços hídricos devem ser desenvolvidos visando a relação cultura/clima, permitindo um ajuste do cultivo às condições climáticas, além de apresentar aplicações para definição de zoneamentos agroclimáticos, irrigações suplementares, hidrologia, dimensionamento de reservatórios, drenagem, dentre outras.

De acordo com Pereira et al. (2002), os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica é a precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

2.6 Regiões Homogêneas de precipitação

A determinação de regiões climatologicamente homogêneas, ajuda no zoneamento agroclimático e serve de subsídio ao planejamento agrícola das regiões produtoras do Estado. Conforme Everitt (1974), a classificação pode ser entendida como um processo para localizar entidades em classes inicialmente indefinidas, de modo que indivíduos da mesma classe sejam similares, entre si, em algum sentido definido pelas variáveis consideradas. Essas classes de indivíduos similares serão os agrupamentos. Neste sentido, visando minimizar a variabilidade espacial das chuvas, Menezes (2009) dividiu o estado do Maranhão em 10 regiões homogêneas de precipitação, baseado nos principais modos de variabilidade detectados por análise em componentes principais e regionalizados por técnica de análise de agrupamento.

A análise de agrupamento é bastante útil para o tratamento dos dados climáticos, e para separar conjuntos de estações pluviométricas com características homogêneas. A análise climática de locais ou regiões através da análise multivariada mostra-se importante, pois através desta análise é possível identificar estações meteorológicas cujos padrões do comportamento da precipitação pluvial são semelhantes. A análise de agrupamento é uma técnica da Estatística Multivariada que tem como objetivo principal formar grupos heterogêneos de modo que os elementos dentro de cada grupo sejam homogêneos. A ideia consiste em colocar em um mesmo grupo objetos que sejam similares de acordo com algum critério pré-determinado (LINDEN, 2009).

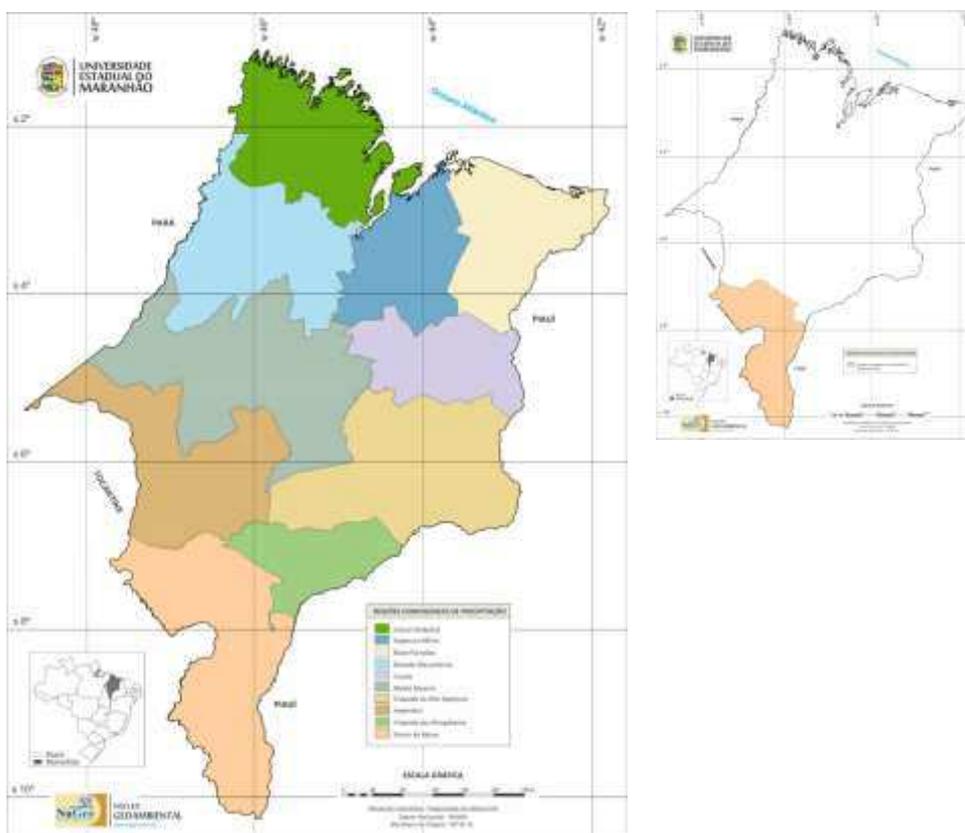
Segundo Turkes e Tatli (2011), a análise de agrupamento é baseada em uma forma de matriz de similaridade para o agrupamento de séries temporais climáticas e tenta encontrar os grupos de conjuntos de dados que têm características semelhantes. Estes grupos podem então ser analisados em detalhes para obter uma visão das características comuns dos conjuntos de dados em cada grupo de sub-regiões climáticas. O resultado da análise de agrupamento são classificações hierárquicas, e que podem ser representadas por um diagrama bidimensional (dendrograma). Nele estão dispostas linhas ligadas segundo os níveis de similaridade, que agrupará pares de indivíduos ou de variáveis. Os procedimentos existentes para aplicação da análise de agrupamento desdobram-se em quatro etapas: escolha das variáveis classificatórias, especificação de uma medida de similaridade, seleção do método de agrupamento e decisão quanto ao número de grupos a serem formados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido para a região sul do Estado do Maranhão, aqui denominada de região homogênea de Gerais de Balsas, conforme destacado na Figura 1. A região é formada por 7 municípios (Tabela 1), que juntos contam com uma área total de 43.626,03 km².

Figura 1. Mapa da localização Geográfica do Estado do Maranhão com suas respectivas regiões homogêneas de precipitação.



Fonte: NUGEO, 2018.

Tabela 1 – Relação dos municípios pertencentes a região Gerais de Balsas.

Municípios	Área (km ²)
1. Feira Nova do Maranhão	1.473,41
2. Riachão	6.373,25
3. Nova Colinas	742,88
4. Balsas	13.138,73
5. Alto Parnaíba	11.128,30
6. Tasso Fragoso	4.380,54

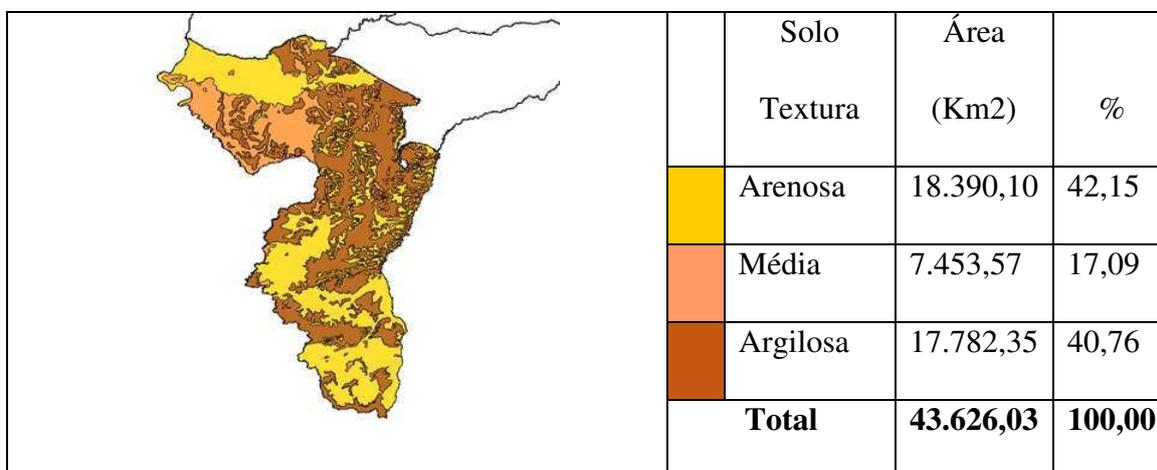
7. Carolina	6.445,98
Área total	43.683,09
% em relação ao estado do Maranhão	13,16

A região apresenta total pluviométrico médio anual de pouco mais de 1300 mm, sendo que 1276 mm ocorrem durante o período agrícola, compreendido entre outubro e maio, e que representa a estação de cultivo. Nessa região, a precipitação é extremamente variável espacialmente e temporalmente devido à transitoriedade dos sistemas atmosféricos atuantes, principalmente as frentes frias, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e aos efeitos orográficos. A topografia em alguns pontos da região supera os 600 m do nível médio do mar, com cobertura vegetal típica do cerrado (MENEZES, 2009).

A área definida por essa região apresenta características, definidas pela classificação de Thornthwaite (1948), de clima seco subúmido (C1), megatérmico (A'), com moderado excesso de água (w) e com 28% da evapotranspiração potencial concentrada nos meses de agosto a outubro.

O agrupamento dos solos existentes na região, segundo sua classe textural, é mostrado na Figura 2. Em torno de 42% da área da região é coberta com solos de textura arenosa, 41% de solos de textura argilosa e apenas 17% de solos de textura média.

Figura 2. Distribuição espacial das classes texturais de solos utilizadas na elaboração do calendário de plantio para a cultura do feijão caupi na região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.



3.2 Dados utilizados

Para o estudo, foram utilizados dados agroclimáticos observados e estimados, conforme senguem descritos no Tabela 2.

Tabela 2. Dados utilizados no estudo.

Dados	Período	Fonte	Condição
Precipitação Pluvial	1987/2017	INMET	Observado
Temperatura do Ar	1987/2017	INMET	Observado
Evap. Potencial	1987/2017	Thornthwaite (1948)	Estimado

3.3 Caracterização da estação de crescimento

Para a estimativa da Evapotranspiração potencial (ETP) utilizou-se o método proposto por Thornthwaite (1948), obtida a partir do programa de Sentelhas e Rolim (1998), o qual tem a vantagem de necessitar apenas dos dados de temperatura média do ar dos períodos e da latitude local. Esse método dá resultados confiáveis entre as latitudes de 40°N e 40° S (DOURADO NETO e VAN LIER, 1991).

Com os dados de chuva e evapotranspiração potencial, foi determinado a estação de crescimento pelo método (KASSAM, 1979). O método compara os totais de chuvas, neste caso decendiais, com a metade da evapotranspiração potencial, para o mesmo período. Através deste método pode-se determinar o início e fim da estação chuvosa, de crescimento e úmida.

A estação chuvosa e de crescimento começa quando os totais decendiais de chuva forem maiores que a metade da evapotranspiração potencial. Quando os totais decendiais de chuva forem menores que a metade da evapotranspiração potencial, termina a estação chuvosa, porém a estação de crescimento só termina alguns dias após, quando as reservas de águas associadas à Capacidade de Água Disponível (CAD) no solo se esgotarem. O período úmido inicia quando o total de chuva no decêndio for maior que a evapotranspiração total e termina quando o total de chuva no decêndio volta a ser menor que a evapotranspiração total.

3.4 Caracterização do balanço hídrico climático

A identificação da disponibilidade hídrica na região homogênea de precipitação Gerais de Balsas, quanto aos períodos de reposição, retirada, excesso e deficiência de água no solo, foi baseada na metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955). Este método considera a precipitação pluvial como a entrada de água no solo, a evapotranspiração potencial como a saída de água do solo e a capacidade de água disponível do solo – CAD (para fins de avaliação climática foi estabelecido 100 mm). Diante dos elementos descritos serão contabilizados os períodos de excesso (EXC) e deficiência de água no solo (DEF), armazenamento de água no solo (ARM), reposição e retirada de água do solo e as perdas de água por evapotranspiração real.

A deficiência de água no solo é alcançada pela expressão (1):

$$DEF = ETP - ETR \quad (\text{Ex. 1})$$

Em que, ETP é a Evapotranspiração Potencial (mm) e ETR a Evapotranspiração Real (mm). A ETR, obtida pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) foi definida pelas condições estabelecidas pelas expressões (2) e (3):

$$\text{Quando } (P - ETP) < 0 \quad \rightarrow \quad ETR = P + |ALT| \quad (\text{Ex.2})$$

$$\text{Quando } (P - ETP) \geq 0 \quad \rightarrow \quad ETR = ETP \quad (\text{Ex.3})$$

Em que P, corresponde a precipitação pluvial (mm) e ALT (mm) a alteração que consiste da diferença entre o armazenamento de água no solo entre dois meses consecutivos. Já o excesso de água no solo foi determinado de acordo com as expressões (4) e (5):

$$\text{Quando } ARM < CAD \quad \rightarrow \quad EXC = 0 \quad (\text{Ex.4})$$

$$\text{Quando } ARM = CAD \quad \rightarrow \quad EXC = (P - ETP) - ALT \quad (\text{Ex.5})$$

Em que, ARM corresponde ao Armazenamento de água no solo (mm), CAD a Capacidade de Água Disponível (mm) e EXC o Excesso de água no solo (mm).

3.5 Disponibilidade hídrica/Calendário de plantio

A disponibilidade hídrica durante o ciclo produtivo da cultura foi avaliada pela expressão (6).

$$ISNA = E_{Tr}/E_{Tm}$$

(Ex. 6)

Em que, ISNA é o Índice de Satisfação das Necessidades de Água, E_{Tr} é Evapotranspiração real (mm) e E_{Tm} a Evapotranspiração máxima da cultura (mm).

O ISNA foi determinado para todas as fases do ciclo produtivo da cultura do feijão caupi, porém para o estabelecimento do calendário foram analisadas apenas as FASES 1 - semeadura/emergência e FASE III - floração/enchimento dos grãos. As simulações do balanço hídrico foram realizadas no programa computacional SARRAZON (BARON et al., 1996).

No computo do balanço hídrico foram utilizados variáveis de clima, solo e planta, conforme discriminadas:

1. Clima: Precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial, determinada pelo método de Thornthwaite (1948).

2. Solo: Capacidade de Água Disponível-CAD, dados em função da Água Disponível (AD) e profundidade efetiva do sistema radicular ($P_e = 30$ cm). Foram utilizados os seguintes valores de AD conforme a classe textura de solos: solo arenoso = 0,6 mm/cm; solo médio = 1,2 mm/cm e solo argiloso = 1,8 mm/cm. A CAD foi determinada conforme Expressão (7):

$$CAD = AD * P_e$$

(Ex.7)

Desta forma, para as três classes texturais de solos tem-se a partir da Expressão (7): solo arenoso (CAD = 18 mm), solo médio (CAD = 36 mm) e solo Argiloso (CAD = 54 mm)

3. Cultura: profundidade efetiva do sistema radicular (30 cm), ciclo produtivo de 70 dias, fases fenológicas (FASE I = 15 dias (Semadura/emergência), FASE II = 25 dias (Desenvolvimento vegetativo), FASE III = 20 dias (Floração/enchimento de grãos e FASE IV = 10 dias (Maturação/Colheita)) e coeficientes de crescimento (K_c), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Coeficientes de crescimento para a cultura do Feijão caupí.

Decêndios													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,30	0,50	0,80	0,90	1,00	1,20	0,75	0,65						

A disponibilidade hídrica dada pelo ISNA, a fim de obter as melhores datas de plantio com o menor risco climático para a cultura do feijão-caupí, foi definida conforme Tabela 4.

Tabela 4. Condições para definição das classes de risco climático para o cultivo do feijão caupí na região de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.

FASES	DENOMINAÇÃO	ISNA	RISCO
FASE I	Semeadura/Emergência	$ISNA \geq 0,50$	Baixo
FASE III	Floração/Enchimento de grãos	$ISNA \geq 0,60$	Baixo
		$0,6 > ISNA > 0,5$	Médio
		$ISNA < 0,5$	Alto

A aptidão plena para o plantio com menor grau de risco foi estabelecida quando $ISNA \geq 0,50$ (FASE I) e $ISNA \geq 0,60$ (FASE III).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

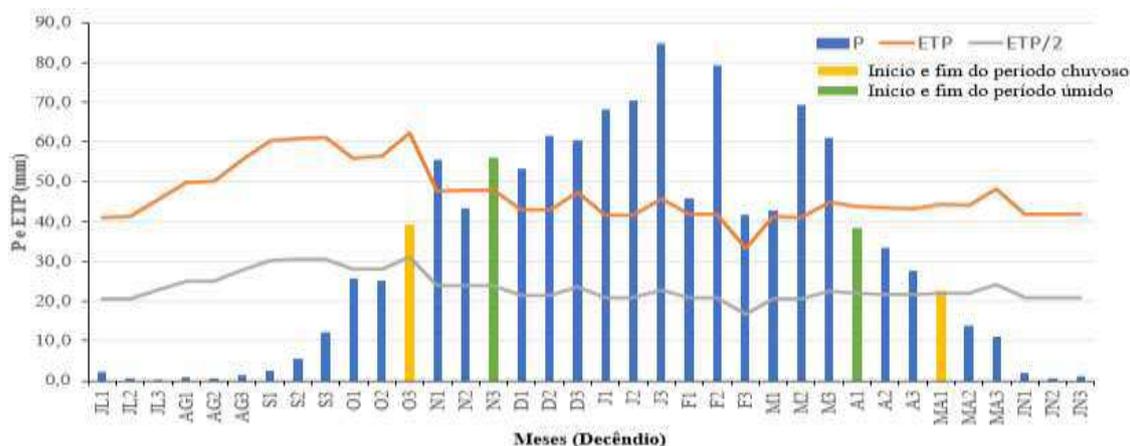
4.1 Estação de crescimento

O total da precipitação acumulado ao longo do período chuvoso entre os meses de outubro e maio é de 1054 mm, já que o período chuvoso termina quando os totais de precipitação em cada decêndio forem menores que a metade da evapotranspiração potencial (ETP/2), o que ocorre no primeiro decêndio de maio. Já a estação de crescimento obteve um total acumulado de 1082 mm, visto que se inicia juntamente com o período chuvoso no mês de outubro, entretanto tem uma duração maior, visto que só termina quando as reservas de águas associadas à Capacidade de Água Disponível (CAD) no solo se esgotem, o que ocorre no fim de junho (Figura 03).

A evapotranspiração potencial (ETP) durante todo o período chuvoso alcançou um total de 886 mm, enquanto a metade da evapotranspiração potencial (ETP/2) obteve um total acumulado de 443 mm no mesmo período, sendo o ETP/2 determinante ao início do período chuvoso. O período úmido ocorre sempre que as medias de precipitações em cada decêndio estão superiores a evapotranspiração potencial, levando assim o início do período úmido para o último decêndio de novembro e terminando ao primeiro de abril, alcançando um total de 832 mm (Figura 03). Nota-se que a primeira avaliação do mês de novembro já poderia ser considerada o início do período úmido, entretanto no decêndio seguinte se observa uma queda, em consequência da instabilidade de chuvas ainda na região, o que não se observa do terceiro decêndio do mês em diante. As reduções observadas nos totais de chuvas no segundo decêndio de novembro, no terceiro decêndio de fevereiro e no primeiro decêndio de março estão associadas a ocorrências de veranicos, que são comuns e frequentes nessa região.

Comparativamente, no Sul do Estado os totais médios pluviométricos anuais representam apenas 67% do total relativo à região Norte do Estado. A transitoriedade dos sistemas atmosféricos atuantes sobre essa região e as características fisiográficas, tais como, vegetação, relevo e continentalidade, contribuem não só para redução das chuvas, mais também pela grande variabilidade espacial (chuvas isoladas) e temporal (veranicos) da precipitação, sendo essa última, o principal fator impactante sobre as atividades agrícolas (NUGEO, 2002).

Figura 03. Caracterização da estação de crescimento para a região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.



4.2 Balanço hídrico

A reposição de água no solo começa a partir do primeiro decêndio de novembro e se estende até o segundo decêndio de janeiro, alcançando um total de 100 mm ao longo de todo esse tempo. O excesso hídrico inicia-se no segundo decêndio de janeiro e se mantém até o final de março, com um total de 148 mm. Em abril o solo começa a perder água, devido ao fim das chuvas, dando assim início ao período de retirada de água, que se pronuncia até o segundo decêndio de novembro, levando a uma retirada de água total de 100 mm ao longo dos meses (Figura 04).

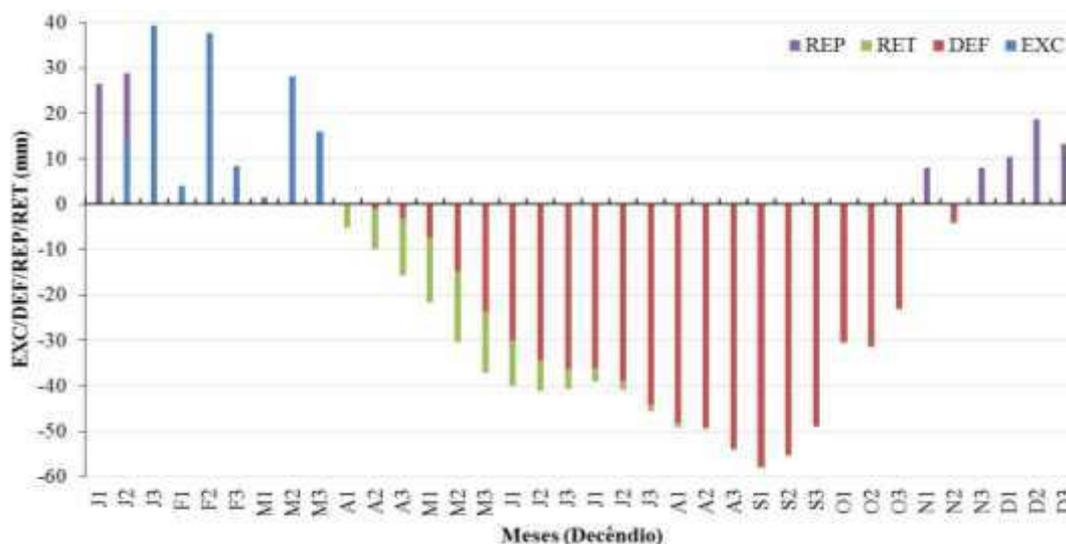
A quantidade de água necessária para estabelecer o equilíbrio hídrico na região, durante os meses de abril a outubro que representa a deficiência hídrica, foi de 671 mm. A deficiência de água no solo começa a aparecer à medida que o solo vai perdendo água, por meio do processo de retirada de água, que ocorre gradativamente ao longo dos meses de abril e outubro.

De acordo com Araújo (2011), A deficiência hídrica ocorre devido ao fato da evapotranspiração potencial ser maior do que as precipitações, o que é evidente entre os meses de abril e outubro na região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas.

Vários estudos mostram que a definição das épocas de semeadura, por meio do balanço hídrico do solo, contribui para reduzir o risco climático causado pela distribuição irregular das chuvas (ANDRADE JÚNIOR, 2000; ANDRADE JÚNIOR et al., 2007; ASSAD et al., 1997; FARIAS et al., 2001; MARIN; SENTELHAS;

UNGARO, 2000; SILVA et al., 1995; SILVA; BRITES; ASSAD, 1998; ZULLO JÚNIOR et al., 1999).

Figura 04. Componentes do balanço hídrico para a região homogênea de precipitação de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.



4.3 Calendário agrícola

No Quadro 01 é mostrado o calendário agrícola de risco climático para o feijão-caupi para a região Gerais de Balsas, considerando os solos de textura arenosa (TAR), textura média (TME) e textura argilosa (TAG).

A semeadura do feijão-caupi, de acordo com a Quadro 01, para solos de textura arenosa (TAR), com Capacidade de Água Disponível-CAD de 18 mm, cobrindo uma área de 42% do total da região de Geral de Balsas, é recomendada para iniciar no terceiro (3º) decêndio de outubro, juntamente com o início da estação chuvosa e se estende até o segundo (2º) decêndio de fevereiro, se encerrando antes do fim da estação chuvosa.

Por esse motivo o plantio após essa data é considerado de risco, visto que a cultura possui um ciclo médio de desenvolvimento segundo Freire- Filho et al, (2005) de 71-90 dias, prejudicando assim as fases de floração e enchimento de grãos, que podem ser acometidas pela falta de água, comprometendo a produtividade final da cultura. Os solos de textura arenosa são caracterizados, por apresentarem uma baixa capacidade de retenção de água, alta suscetibilidade aos processos de erosão, além de baixa estruturação física do solo (COSTA, 2007).

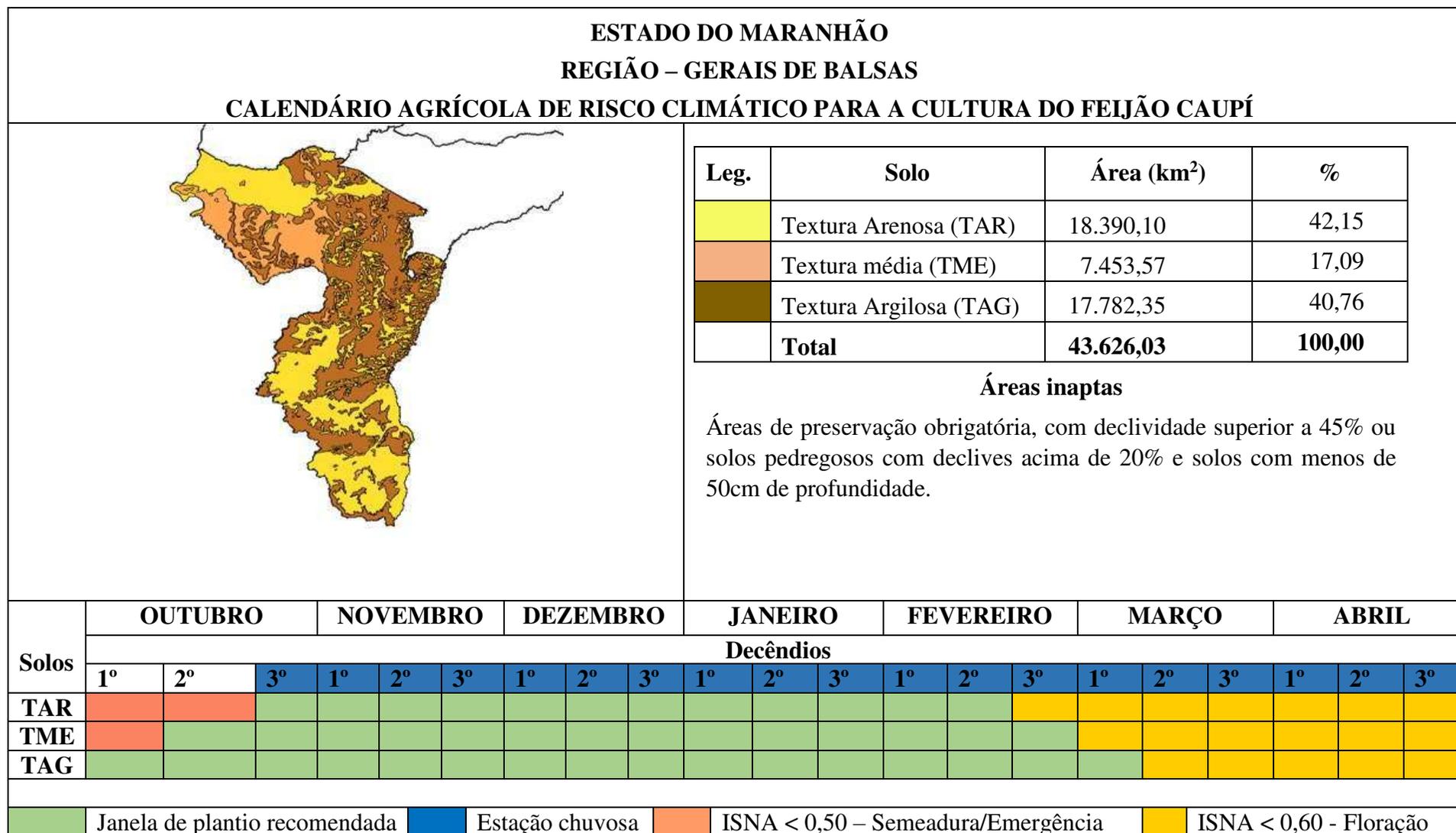
Nascimento (2009), afirma que, em solos arenosos os poros são maiores, em solos que restam pequenas quantidades de água em baixos potenciais matriciais são causados por rápido esvaziamento em elevados potenciais matriciais, o que explica a inclinação acentuada da curva de retenção de água no solo (CRA).

A janela de plantio recomendada para o solo de textura média (TME), que possui a menor área entre os três tipos analisados, em torno de 17%, tem início no segundo (2º) decêndio outubro, um decêndio antes do início da estação chuvosa e vai até o terceiro (3º) de fevereiro, se encerrando um decêndio após o fim do período recomendado para o solo de textura arenosa, visto que este tipo de solo (TME) possui uma capacidade de água armazenada maior, com valor de 36 mm (Quadro 01), fato este atribuído a forte influência exercida pelas frações mais finas do solo (argila+silte) sobre a retenção de água (ANGELOTTI NETTO, 2007).

Por fim o solo com textura argilosa (TAG), ocupa uma área total de 40%, tornando-se o segundo mais representativo na região, possuindo a maior faixa de plantio de acordo com o calendário de risco climático, tendo início no primeiro (1º) decêndio de outubro, com duração até o primeiro (1º) de março. Este maior espaço de tempo para o plantio do feijão-caupi, estar diretamente correlacionado, segundo Santos e Pereira (2013), a textura e a estrutura do solo, que são propriedades determinantes na movimentação de água no perfil do solo, uma vez que determinam a quantidade e disposição dos poros (Quadro 01). O solo do tipo TAG apresentou a maior capacidade de água disponível entre os três, com 54 mm.

Os plantios antes da janela recomendada e após devem ser evitados, pois há pouca disponibilidade de água nas fases de semeadura/emergência ($ISNA < 0,5$) e floração/enchimento de grãos ($ISNA < 0,6$).

QUADRO 01 – Calendário para o plantio do feijão caupí no estado do Maranhão: Região- Gerais de Balsas



5. CONCLUSÕES

A região apresenta estação chuvosa/crescimento compreendida do terceiro decêndio de outubro ao primeiro decêndio de maio, período este favorável ao cultivo do feijão caupí de sequeiro na região de Gerais de Balsas. Por outro lado, o período úmido está compreendido entre o terceiro decêndio de novembro e o primeiro decêndio de abril;

O início da estação de cultivo de sequeiro é caracterizado por deficiência hídrica, com um longo período de reposição de água no solo nos decêndios subsequentes até o segundo decêndio de janeiro. Entre o segundo decêndio de janeiro e o terceiro decêndio de março há boa disponibilidade hídrica para a culturas, porém com reduções no primeiro decêndio de fevereiro e março, sugerindo a ocorrência de veranicos sobre a região. A partir de abril reduz a disponibilidade de água na região em virtude do final das chuvas, dando início ao período de retirada de água do solo e a subsequente deficiência hídrica até o terceiro decêndio de outubro;

Para os solos arenosos recomenda-se o plantio entre o terceiro decêndio de outubro e o segundo decêndio de fevereiro. Para o solo de textura média a janela de plantio vai do segundo decêndio de outubro ao terceiro decêndio de fevereiro. Para o solo argiloso recomenda-se o plantio entre o terceiro decêndio de outubro e o primeiro decêndio de março. Não são recomendados o plantio antes e depois das janelas recomendadas por não atender a disponibilidade hídrica necessária na fase de semeadura/emergência e floração/enchimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. L. G; ALCÂNTARA, R. M. C. M; NÓBREGA, R. S. A; NÓBREGA, J. C. A; LEITE, L. F. C; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão caupicv BR 17 Gurgueia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 2010.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense**. 2000. 566 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ANGELOTTI NETTO, A. **Estimativa da Retenção de Água no Solo a partir do Uso de Equipamentos Não Convencionais, Redes Neurais Artificiais e Funções de Pedotransferência**. 2007. 176.f Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.

ARAÚJO, S. M. S. A Região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica**, v.5, n.5, p.89-98, 2011.

ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A.; SANS, L. M. A.; FARIAS, J. R.; SILVA, S. C. Zoneamento agroclimático para grãos na região do Meio-Norte Brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1., 1997, Teresina. **Cerrados: sua biodiversidade é uma benção da natureza - anais**. Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. p. 20-38. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 27).

ASSAD, E.D.; MACEDO, M.A. de; CÂMARA, G.; OLIVEIRA, J.C. de; BARBOSA, A.M. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.581-587, 2001.

Baron, C.; Perez, P.; Maraux, F. Sarrazon - **Bilan hidrique applique au zonage**. Paris: CIRAD, 1996. 26p.

BARROS, A. H. C.; SILVA, M. A. V.; TABOSA, J. N. **Aptidão climática do estado de Alagoas para culturas agrícolas**. Recife: Embrapa Solos UEP Recife, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Monitoramento da safra agrícola 2018/19**. Primeiro levantamento, Brasília: Conab, v.6, n.1, outubro, 2018. p.69- 71.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica de áreas plantadas, produtividade e produção**. 2017.

COSTA, C. da S. **Utilização do estéril da extração do gesso, como condicionador das propriedades físicas de um Neossolo Quartzarênico do sertão de Pernambuco.** Recife. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 73p. 2007.

DANTAS, A. A. A. et al. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, Q. de. Programa para elaboração do Balanço hídrico para culturas anuais e perenes. Piracicaba, Departamento de Agricultura-ESALQ, 1991. 58 p. (**Manual do usuário**).

EMBRAPA - Embrapa Meio-Norte Sistemas de Produção. Cultivo de Feijão-Caupi. **2ISSN 1678-8818 Versão Eletrônica**. Janeiro, 2003.

EVERITT, B. **Cluster Analysis**. London: Heinemann Books, 1974. 135 p.

FAGERIA, N.K. **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Dekker. 1992. 274 p.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R. de; EVANGELISTA, B. A.; LAZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n.3, p. 415-421, dez. 2001. Número especial.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, 1988. p. 26-46.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q.(Ed.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 191-210.

FREIRE-FILHO, F. R.; RIBEIRO V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S.; RODRIGUES, E. V. **Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

GÖPFERT, H.; ROSSETTI, L.A.; SOUZA, J. **Eventos generalizados e seguridade agrícola**. Brasília: IPEA, 1993. 65p.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its application. **Agricultural and Forest Meteorology**, 103, 137-157, 2000.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas: Levantamento Sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v. 30 n.4 p.1-84 abril de 2017.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015. Dados Agropecuários. Disponível em: <http://www.sindra.ibge.gov.br/>.

KASSAN, A. M. **Efectos del agua em el rendimentos de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p.

- LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação**, n. 4, p. 18 – 36, 2009.
- MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J. M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres Phaseolus et Vigna (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Geneve, v. 28, p. 1-273, 1978.
- MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Perda de rendimento potencial da cultura do girassol por deficiência hídrica, no Estado de São Paulo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 1-6, 2000.
- MAVI, H.S.; TUPPER, G.J. **Agrometeorology – Principles and application of climate studies in agriculture**. New York: Food Products Press. 2004. 364p.
- MENEZES, R.H.N., 2009. **Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do estado do Maranhão**. Tese (Doutorado). Campina Grande, UFCG.
- NASCIMENTO, P. dos S. **Análise do uso da curva de retenção de água no solo determinada por diferentes métodos e planilha para manejo da irrigação**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.
- NUGEO/LABGEO. Atlas do Maranhão. UEMA, São Luís-MA. 2002.
- NUGEO, Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão, Laboratório de Meteorologia, http://www.nugeo.uema.br/?page_id=81, acesso em dezembro de 2018.
- PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of Vigna unguiculata (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture; Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1997. p. 1-12. Trabalhos selecionados do Second World Cowpea Research Conference, 1995, Accra, Ghana.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478p.
- PETR, J. **Weather and yield**. Amsterdam: Elsevier. 1991. 288p
- RACHIE, K. O. Introduction. In: SINGH, S. R.; RACHE, K. O. (Ed.). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley & Sons, 1985. p. 21-28.
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 20, n.especial, julho 2013.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, out./dez. 2010. DOI: 10.7127/RBAI.V4N300010.

SILVA, A. C. ; VASCONCELOS, P. L. R. ; MELO, L. D. F. A. ; SILVA, V. S. G. ; MELO JUNIOR, J. L. A. ; SANTANA, M. B. **Diagnóstico da produção de feijão-caupi no nordeste brasileiro**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 16, n. 2, p.1-5, 2018.

SILVA, C.C. da; SILVEIRA, P.M. **Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura**. Pesquisa Agropecuária Tropical. 2000. Disponível em: <<http://w.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/viewFile/2868/2918>>.

SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D.; LOBATO, E. J. V.; SANO, E. E.; STEINMETZ, S.; BEZERRA, H. da S.; CUNHA, M. A. C. da; SILVA, F. A. M. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 80 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 43).

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: FARIA, M. A. (Coord.). **Manejo de irrigação**. Lavras: UFLA: SBEA, 1998. p. 311-351.

SILVEIRA, P. M. S.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 230 p.

SIVAKUMAR, M.V.K.; GOMMES, R.; BAIER, W. Agrometeorology and sustainable agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, 103, 11-26, 2000.

SMARTT, J. **Grain legumes: evolution and genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 333 p.

STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. Structure, evolution, and adaptation to farming systems and environments in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, R. J.; BUNTING, A. H. (Ed.). **Advances in legume Science**. Kew: Royal Botanic Garden, 1980. p. 393-404.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, v.38, n.1, 1948, pp. 55-94.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance: publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

TURKES, Murat and TATLI, Hasan. Use of the Spectral Clustering to Determine Coherent Precipitation Regions in Turkey for the Period 1929–2007. **International Journal of Climatology**. 31: 2055–2067 (2011).

VERDCOURT, B. Studies in the leguminosae: papilionoideae for the 'Flora of tropical East Africa'. **Kew Bulletin**, London, v. 24, p. 507-569, 1970.

VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A.; **Feijão**. 2ª edição. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 600p.