

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

CLAUDENICE COSTA COELHO

**RISCO CLIMÁTICO PARA IMPLANTAÇÃO DO CONSÓRCIO MILHO X
brachiaria NO ESTADO DO MARANHÃO**

SÃO LUÍS

2021

CLAUDENICE COSTA COELHO

**RISCO CLIMÁTICO PARA IMPLANTAÇÃO DO CONSÓRCIO MILHO X
brachiaria NO ESTADO DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônoma do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

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

SÃO LUÍS

2021

CLAUDENICE COSTA COELHO

**RISCO CLIMÁTICO PARA IMPLANTAÇÃO DO CONSÓRCIO MILHO X
brachiaria NO ESTADO DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônoma do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Aprovada em: 09 / 09 /2021



Prof. Dr. Ronaldo Haroldo N de Menezes-UEMA
(Orientador)



Prof. Me. Carlos Wendell Soares Dias-UEMA



Prof. Me. Jucivan Ribeiro Lopes -UEMA

SÃO LUÍS

2021

Coelho, Claudenice Costa.

Risco climático para implantação do consórcio milho com *brachiaria* no estado do Maranhão / Claudenice Costa Coelho. – São Luís, 2021.

41f

Monografia (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Menezes.

1.Balanco hídrico. 2.Evapotranspiração potencial. 3.Precipitação.

I.Título.

CDU: 551.577:633.15-158.45(812.1)

DEDICO

Ao meu querido irmão Claudenor (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade que me concedeu, pela capacidade de acreditar em mim, e por me fazer superar todas as barreiras impostas na minha vida para realização desse trabalho.

A minha filha Alanna Maria, pela paciência principalmente nos momentos de ausência.

Aos meus Pais, José Raimundo Coelho e Maria de Nazaré Santiago Costa (**In memoriam**) por estar sempre ao meu lado, e contribuir para realização dos meus objetivos.

Aos meus irmãos José Carlos, Claudete, Claudemires, Claudemir, Claudio, Claudene, Claudiana, e em especial a Claudenor Costa Coelho (**In memoriam**) por fazer parte da minha vida

Ao meu esposo Hélio Martins, pelo companheirismo e compreensão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Menezes, por todo ensinamento, por me tirar as dúvidas, pela paciência e dedicação,

Aos meus amigos Raimundo Carlos de Mesquita, Roberth Felipe, Rafaela Santos e Alida Bruna pelo incentivo, convivência e apoio.

A minha madrinha Conceição pelo amparo e ajuda.

À Universidade Estadual do Maranhão, por contribuir de forma significativa na minha formação.

RESUMO

COELHO, Claudenice Costa. **RISCO CLIMÁTICO PARA IMPLANTAÇÃO DO CONSÓRCIO MILHO COM *brachiaria* NO ESTADO DO MARANHÃO.** Monografia – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís – MA, 2021.

A agricultura é suscetível a vários tipos de riscos que afetam direta ou indiretamente a produção e, conseqüentemente, o retorno econômico da atividade. Dentre esses, os riscos climáticos são os que historicamente têm causado maiores prejuízos à atividade agrícola, por reduzir a produção. O objetivo desse trabalho foi analisar o risco climático em que as variedades *Zea mays* L e *brachiaria* ssp estão sujeitas para definir as melhores épocas de plantio. A pesquisa foi conduzida no estado do Maranhão com a utilização do programa SARRA (Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos). Esse sistema determina o balanço de água no solo para os cultivos agrícolas. A análise foi baseada no ciclo e nas fases fenológicas da cultura de milho, para cultivares de ciclo médio de 120 dias. Foram consideradas como críticas, com potencial de ocorrência de deficiência hídrica, para o consórcio as FASES I e III, com durações de 10 e 45 dias, respectivamente. O grau de risco climático considerados para as culturas foi dado em função do Índice de Satisfação das Necessidades de Água - ISNA, que representa a relação entre evapotranspiração real e evapotranspiração máxima da cultura. Foram realizadas sete simulações em 10 regiões homogêneas de precipitação, sempre no primeiro decêndio de cada mês, entre os meses de outubro e abril, período que corresponde a estação de crescimento para culturas de sequeiro do estado do Maranhão. Foram considerados solos de textura média. Os resultados mostraram que todas as regiões homogêneas de precipitação apresentaram condições climáticas favoráveis a implantação do consorcio no primeiro decêndio de cada mês do período analisado, exceto em outubro. No primeiro decêndio de outubro não há disponibilidade hídrica na fase inicial de implantação do consórcio em todas as regiões homogêneas, porém, a partir de novembro a disponibilidade hídrica no solo tanto na fase I (semeadura e emergência do milho x *brachiaria*), quanto na fase III (floração e enchimento dos grãos para a cultura do milho) foi favorável, com risco minimizado, pois atendeu plenamente as exigências hídricas para o plantio. Ressalta-se que o período de plantio, muito embora possa ser realizado a partir do primeiro decêndio de novembro, é diferente em cada região homogênea.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Evapotranspiração potencial. Precipitação.

ABSTRACT

RABBIT, Claudenice Costa. CLIMATE RISK FOR THE IMPLEMENTATION OF THE CORN WITH brachiaria CONSORTIUM IN THE STATE OF MARANHÃO. Monograph – Agronomy Course, State University of Maranhão (UEMA), São Luís – MA, 2021.

Agriculture is susceptible to various types of risks that directly or indirectly affect production and, consequently, the economic return of the activity. Among these, climate risks are those that have historically caused the greatest damage to agricultural activity, by reducing production. The objective of this work was to analyze the climatic risk in which the varieties *Zea mays* L and *brachiaria* ssp are subject to define the best planting times. The survey was conducted in the state of Maranhão using the SARRA (Regional Agroclimatic Risk Analysis System) program. This system determines the soil water balance for agricultural crops. The analysis was based on the cycle and phenological phases of the corn crop, for cultivars with an average cycle of 120 days. Phases I and III were considered critical, with potential for the occurrence of water deficit, for the consortium, with durations of 10 and 45 days, respectively. The degree of climate risk considered for the crops was given as a function of the Water Requirements Satisfaction Index - ISNA, which represents the relationship between actual evapotranspiration and maximum crop evapotranspiration. Seven simulations were carried out in 10 homogeneous rainfall regions, always in the first ten days of each month, between the months of October and April, a period that corresponds to the growing season for rainfed crops in the state of Maranhão. Medium textured soils were considered. The results showed that all homogeneous precipitation regions presented favorable climatic conditions for the implementation of the consortium in the first 10-day period of each month of the analyzed period, except in October. In the first ten days of October, there is no water availability in the initial phase of deployment of the consortium in all homogeneous regions, however, as of November, water availability in the soil both in phase I (sowing and emergence of corn x *brachiaria*) and in the phase III (flowering and grain filling for corn) was favorable, with minimized risk, as it fully met the water requirements for planting. It is noteworthy that the planting period, although it can be carried out from the first ten days of November, is different in each homogeneous region.

Keywords: Water balance. Potential evapotranspiration. Precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localização geográfica do estado do Maranhão com suas respectivas regiões homogêneas de precipitação.....	23
Figura 2 Fases do ciclo produtivo para o consórcio milho x <i>brachiária</i>	24
Figura 3 Mapa com ilustração de distribuição das áreas favoráveis a implantação do consórcio milho x <i>brachiária</i> no estado do Maranhão de acordo com a região homogênea de precipitação para solos de textura	36

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** Índice de satisfação das Necessidades de Água para o consórcio milho x *brachiaria* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio do mês de outubro em solo de textura média.....26
- Gráfico 2** Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de novembro em solo de textura média.....27
- Gráfico 3** Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de dezembro em solo de textura média.....29
- Gráfico 4** Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de janeiro em solo de textura média.....30
- Gráfico 5** Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de fevereiro em solo de textura média.....32
- Gráfico 6** Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de março em solo de textura média.....33
- Gráfico 7** Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de abril em solo de textura média.....35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Critérios estabelecidos na avaliação de risco climático para o consócio milho x <i>brachiaria</i>	25
Quadro 2 Plantio no primeiro decêndio de outubro.....	26
Quadro 3 Plantio no primeiro decêndio de novembro.....	28
Quadro 4 Plantio no primeiro decêndio dezembro.....	29
Quadro 5 Plantio no primeiro decêndio de janeiro.....	31
Quadro 6 Plantio no primeiro decêndio de fevereiro.....	32
Quadro 7 Plantio no primeiro decêndio de março.....	34
Quadro 8 Plantio no primeiro decêndio de abril.....	35

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
2.REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Aspectos gerais das culturas <i>Zea mays</i> e <i>brachiária</i>	15
2.2 Regiões Homogêneas de Precipitação – RHP.....	20
2.2.1 Região Homogênea de Precipitação - RHP 1.....	20
2.2.2 Região Homogênea de Precipitação - RHP 2.....	20
2.2.3 Região Homogênea de Precipitação - RHP 3.....	20
2.2.4 Região Homogênea de Precipitação - RHP 4.....	21
2.2.5 Região Homogênea de Precipitação - RHP 5.....	21
2.2.6 Região Homogênea de Precipitação - RHP 6.....	21
2.2.7 Região Homogênea de Precipitação - RHP 7.....	21
2.2.8 Região Homogênea de Precipitação - RHP 8.....	22
2.2.9 Região Homogênea de Precipitação - RHP 9.....	22
2.2.10 Região Homogênea de Precipitação - RHP 10.....	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 Área de estudo.....	22
3.2 Procedimentos Metodológicos.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 Plantio no primeiro decêndio de outubro.....	25
4.2 Plantio no primeiro decêndio de novembro.....	27
4.3 Plantio no primeiro decêndio de dezembro.....	28
4.4 Plantio no primeiro decêndio de janeiro.....	30
4.5 Plantio no primeiro decêndio de fevereiro.....	31
4.6 Plantio no primeiro decêndio de março.....	33
4.7 Plantio no primeiro decêndio de abril.....	34
6. CONCLUSÕES	37
REFERENCIAS	38

1.INTRODUÇÃO

A agricultura é suscetível a vários tipos de riscos que afetam direta ou indiretamente a produção e, conseqüentemente, o retorno econômico da atividade. Dentre esses, os riscos climáticos são os que historicamente têm causado maiores prejuízos à atividade agrícola, por reduzir a produção. Esse fato ocorre pela dificuldade em se definir épocas de semeadura que proporcionem menor probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nas fases críticas das culturas. (IPCC, 2014).

O risco climático se insere em um contexto interligado entre alterações do clima e processos socioeconômicos (IPCC, 2014), como consequência potencial resultante da interação entre perigo e vulnerabilidade. Realizar o plantio no momento adequado reduz os riscos da ocorrência de eventos climáticos adversos na lavoura (MAPA, 2017)

No contexto de alterações do clima, os riscos climáticos são intensificados, em um sistema amplo de interações em seus múltiplos impactos, especialmente os impactos no setor de agricultura (Mora et al., 2018). Nesse sentido, a adoção de consórcios apresenta-se como uma opção de sistema agrícola que pode proporcionar diversos benefícios para todo o manejo adotado (Cobucci,2001).

O cultivo consorciado de milho com forrageira é uma tecnologia empregada em Sistema de Plantio Direto-SPD para formação de cobertura morta ou produção de forragem para alimentação animal (CECCON et al., 2013a). As plantas de *brachiaria* exploram maior volume de solo e recicla nutrientes, após a colheita dos grãos a forrageira continua a se desenvolver, protegendo o solo com palha verde, de fácil dessecação (CECCON,2007; BUENO et al., 2009).

A utilização de espaçamento reduzido associado à maior densidade de semeadura permite melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes (EMBRAPA, 2011). No entanto, a população de plantas a ser estabelecida depende da quantidade de sementes (REIS, 2010), da movimentação do solo pela semeadora e da intensidade das chuvas ocorridas após a semeadura (MAKINO, et al., 2012). A introdução da *brachiária* nos sistemas de produção de grãos tem sido umas das principais ferramentas utilizadas para a intensificação da exploração de áreas destinadas à agropecuária no Brasil. Uma das técnicas de cultivo consiste no consorcio do milho com a *brachiária* em semeadura simultânea ou posterior ao plantio da cultura destinada a produção de grãos. Esse consórcio apresenta como vantagens, além da produção de grãos do milho, a formação da palhada para o plantio direto ou a recuperação/reforma de pastagens degradadas (CARVALHO et al., 2005).

O entendimento acerca do comportamento das forrageiras é importante para tomada de decisão quanto à modalidade de cultivo, população de plantas, qualidade e quantidade de sementes, época de semeadura e escolha da espécie forrageira (SEREIA et al., 2012), visando com isso minimizar a competição entre o milho e a forrageira. No caso do cultivo consorciado, esta competitividade pode ser amenizada com adoção de práticas culturais, como a época de consorciação e o arranjo espacial de plantas (PORTES et al., 2003).

O milho é considerado um ótimo competidor com plantas de menor porte, como é o caso das *brachiárias*, devido, principalmente, à sua expressiva vantagem sobre a forrageira, evidenciada pela maior taxa de acúmulo de massa seca produzida nos estádios iniciais de desenvolvimento (Silva et al., 2004). Apresenta elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel, o que reduz a quantidade desse recurso para as outras espécies. Entretanto, essa interceptação varia conforme as características morfológicas do cultivar, como altura de planta e conformação das folhas, além da população utilizada. Vários trabalhos realizados com o consórcio milho e forrageiras mostraram que, na média, a presença da forrageira reduziu a produtividade em aproximadamente 5% (AIDAR, 2003; FREITAS et al., 2005). Contudo, verifica-se que, em vários casos, não há diferenças significativas entre o milho solteiro e o consorciado. Vale ressaltar que os diferentes resultados estão associados à combinação de vários fatores, como a população da forrageira, a época de sua implantação, os arranjos de semeadura, a presença de espontâneas, a aplicação de herbicidas, a fertilidade do solo e as condições hídricas (ALVARENGA et al., 2006).

De acordo com Moreira et al. (2007), o cultivo em consórcio tem maior potencialidade para retirar água do solo, visto que são duas espécies no mesmo espaço. Ressalta-se que a falta de informações sobre a demanda hídrica em culturas consorciadas tem dificultado o estabelecimento de políticas públicas no Brasil, que insiram esses sistemas de cultivo em programas de seguro rural e de financiamento da produção agrícola. Para obter os benefícios do cultivo consorciado, é importante seguir os critérios indicados pela pesquisa, e ter o acompanhamento da assistência técnica (CECCON, 2011a), além do conhecimento do comportamento das espécies em convivência, evitando que a competição por fatores de produção inviabilize o consórcio (KLUTHCOUSKI e YOKOYAMA, 2003).

Neste contexto, os estudos que indicam a melhor época de semeadura, com o objetivo de selecionar períodos em que as condições climáticas dominantes apresentam disponibilidade hídrica adequada durante as fases mais críticas dos cultivos, são considerados

de grande importância (SANTOS et al.,2012), principalmente quando se trata de cultivos anuais semeados simultaneamente com espécies forrageiras.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi analisar o risco climático em que as variedades *Zea mays* L e *brachiaria spp.* estão sujeitas para definir as melhores épocas de plantio no estado do Maranhão.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais das culturas *Zea mays* e *brachiária*

O milho (*Zea mays* L), pertence a família Poaceae, é uma espécie originária da América do Norte (SILVEIRA et al., 2015). Todos os milhos estão incluídos nessa única espécie e pertencem à tribo *Maydeae*, que possui sete gêneros, dos quais dois são nativos do hemisfério ocidental (*Zea e tripsacum*) e cinco da Ásia (EMBRAPA ,2015).

É um dos cereais mais cultivados e produzidos no mundo, devido a grande capacidade de adaptação as diferentes condições ambientais e ao valor nutricional, sendo destinado tanto para a alimentação humana, quanto animal e também pela geração de renda, principalmente pela produção de grãos (COSER,2010)

Cultivo dos mais tradicionais, o milho tem assumido importante papel socioeconômico no Brasil, colocando-se em posição de relevância no que se refere a valor da produção agropecuária, área plantada e volume produzido em especial nas regiões Sul, sudeste e Centro Oeste. (Fancelli &Dourado Neto, 2001). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando somente atrás dos Estados Unidos e da China (CONAB 2019).

Segundo IBGE 2021 ‘o Maranhão está entre os estados que, na variação anual, se destacou na produção de milho (em grão), na 1º safra de abril de 2021, com aumento de 8,8%’. Na 1ª safra, de acordo com o IBGE, a produção estimada no país foi de 25,8 milhões de toneladas – um crescimento de 1,3% em relação ao mês anterior, ou o equivalente a 339,0 mil toneladas’. A região sul do estado, é a detentora da maior produção de grãos do Maranhão, com destaque para os municípios de Balsas com quantidade produzida de 291.297 toneladas, Tasso Fragoso (181.358 t), São Raimundo das Mangabeiras (97.6 81 t) entre outros. (SAGRIMA,2015). A produtividade média esperada está em torno 4.549 kg/há (CONAB 2021).

A alta produtividade do milho, independente da região de cultivo, é consequência do emprego de várias tecnologias como: correção e fertilização adequada do solo, plantio direto,

manejo integrado de plantas invasoras, doenças e pragas, assim como da adoção de sementes de qualidade genética superior, como as geneticamente modificadas (EICHOLZ et al., 2016). Além disso, é uma planta C4, sendo extremamente eficiente na conversão de CO₂, apresentando altas taxas de fotossíntese líquida, mesmo em elevados níveis de luz (ALVES,2007).

A cultura necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo (CRUZ, et al., 2006). A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24 e 30°C. A quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo está em torno de 600mm, sendo que a ocorrência de déficit hídrico na cultura pode ocasionar danos em todas as fases de desenvolvimento. Grande parte da matéria seca do milho, cerca de 90%, provém da fixação de CO₂ pelo processo fotossintético (REUNIÃO...,2013). Com relação ao período de cultivo o Brasil, país tropical, leva grande vantagem se comparado às condições de clima temperado, no qual esse período é bem definido e relativamente curto. Contudo, existem desvantagens dos ambientes tropicais como a imprevisibilidade das condições climáticas e as variações bastante acentuadas tanto em regiões como entre anos (Paterniani et al., 2000). Com o avanço das mudanças climáticas provavelmente estaremos podendo verificar maiores modificações no ambiente (Pinto & Assad, 2008)

Em consórcio com forrageiras, o milho tem sido a cultura preferida devido à sua tradição de cultivo, ao grande número de cultivares comerciais adaptados a diferentes regiões ecológicas do Brasil e à excelente adaptação ao sistema ILP, quando manejado em consórcio (JAKELAITIS et al., 2005). Como plantas forrageiras, o sucesso das *braquiárias* decorre de suas características como, sistema radicular profundo (aproximadamente 2,0 m), considerável tolerância à deficiência hídrica, em comparação às espécies produtoras de grãos, e da grande produção de matéria seca, podendo chegar a 20.000 kg ha⁻¹ (KLUTHCOUSKI et al., 2000; BARDUCCI et al., 2009; CRUSCIOL et al., 2012).

Atualmente, os sistemas mistos de exploração de lavoura e de pecuária, envolvendo culturas e forrageiras, principalmente as *brachiárias*, representam uma excelente alternativa para a cultura do milho em sistema de plantio direto. As gramíneas possuem desenvolvimento mais agressivo alto potencial de produção de fitomassa de elevada relação C/N, garantindo a cobertura do solo por mais tempo, além do baixo custo das sementes para sua implantação (PORTES et al.,2000; BORGHI; CRUSCIOL; COSTA, 2006; MOURA ZANINE et al.,2006; SILVA CRUZ et al.,2009)

A inclusão de forrageiras em sistemas de cultivos de grãos e ou florestas altera as propriedades físicas e químicas do solo, promovendo mudanças na sua qualidade; principalmente aumentando a estabilidade dos agregados, o que resulta em aumento da macroporosidade do solo e capacidade de infiltração. Estas melhorias ocorrem pela presença de palha e raízes da pastagem, que contribuem para o aumento nos teores de carbono do solo (LOSS et al., 2011) e maior atividade da macrofauna do solo (MARCHÃO et al., 2007). Outros benefícios no consórcio é a redução de plantas daninhas (JAKELAITIS et al. 2004; FONSECA et al., 2007; BORGHI et al., 2008; PACHECO et al., 2009); e o incremento na produtividade de lavouras subsequentes (ALBUQUERQUE; SANGOI; ENDER, 2001; GARCÍA-PRÉCHAC et al., 2004; ARGENTON et al., 2005; BARDUCCI et al., 2009). O consorcio tem grande benefício e redução do crescimento das plantas daninhas em razão da grande quantidade de massa vegetal produzida e da alelopatia (BORGHI et al.,2008; GIMENES et al., 2011)

Embora não tenha custo adicional, o plantio de milho feito na época correta afeta diretamente a produção e a produtividade da lavoura e, conseqüentemente, o lucro do agricultor. O atraso no plantio dificulta também diversas operações agrícolas, como o controle de pragas e plantas daninhas, além de aumentar a ocorrência e a severidade de doenças, e é apontado como um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade, principalmente do pequeno e médio produtor. (EMBRAPA, 2015)

O período de crescimento e desenvolvimento é afetado pela umidade do solo, pela temperatura, pela radiação solar e pelo fotoperíodo. A época de plantio é em função destes fatores, cujos limites extremos são variáveis em cada região agroclimática. A época de semeadura mais adequada é aquela que faz coincidir o período de floração com os dias mais longos do ano, e a etapa de enchimento de grãos com o período de temperaturas mais elevadas e alta disponibilidade de radiação solar. Isto, considerando satisfeitas as necessidades de água pela planta. Trabalho de pesquisa mostra que as épocas em que o rendimento de grãos foram maiores e mais estáveis foram aquelas em que os estádios de desenvolvimento de quatro folhas totalmente desenvolvidas e de floração ocorreram sob boas condições de água no solo. Nas condições tropicais, devido a menor variação da temperatura e do comprimento do dia, a distribuição de chuvas é que, geralmente, determina a melhor época de semeadura. (EMBRAPA,2015).

O gênero *brachiaria* é pertencente à família Poaceae (CATASÚS,1997). Possui aproximadamente 100 espécies, na qual estão distribuídas em regiões tropicais e subtropicais de diversos continentes, em especialmente no Africano (GAMA,2014). Devido uma mudança

de nomenclatura o gênero *brachiaria* é atualmente conhecido taxonomicamente como gênero *Urochloa*, pois alguns autores questionam a validade do nome *brachiaria* (SILVA,2000; VELASCO,2011). Tem destaque nas pastagens brasileiras, sendo o mais cultivado, pois apresenta excelente adaptabilidade a solos ácidos e de baixa fertilidade, ao clima, além do elevado rendimento de matéria seca. Apesar da importância econômica deste gênero, as falhas na produção dessas pastagens, ocorrem pela adoção de técnicas e estratégias de manejo não adequadas (MOREIRA et al., 2009).

As pastagens representam a forma mais prática e econômica de alimentação de bovinos, constituindo a base de sustentação da pecuária do Brasil, ocupam cerca de 172 milhões de hectares (IBGE, 2009), assumindo posição de destaque no cenário agrícola brasileiro, representando somente no estado de São Paulo em torno de 8,07 a 8,6 (IBGE, 2009) milhões de hectares.

Os fatores ambientais como a disponibilidade de luz, temperatura, água e nutrientes são importantes para a perenização e sustentabilidade das pastagens. A recuperação do solo por meio da reposição dos nutrientes dele extraídos ao longo dos anos representa menor risco ao produtor, e reais possibilidades de adoção pela maior parte dos pecuaristas (BALIEIRO NETO, 2007).

A *brachiária* apresenta importantes espécies forrageiras que se adaptam a variadas condições de solos e destacam-se em solos ácidos e fracos (Araújo et al., 2008). Esse gênero da família Poaceae foi trazido da África para o Brasil; sua área cultivada é estimada em 40 milhões de hectares somente no Cerrado. As principais espécies desse gênero participam com 87% das sementes comercializadas no Brasil, das quais as mais importantes são: *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola* e *B. ruziziensis* (binômios sinomizados em *Urochloa brizantha*, *U. humidicola*, *U. decumbens*; (Karia et al., 2006) Aproximadamente 50% das áreas de pastagens cultivadas na região tropical do Brasil são compostas por gramíneas do gênero *Brachiaria* (GAMA et al., 2008).

Como a *brachiaria* apresenta crescimento inicial lento (FREITAS et al.2008, VALLE & PAGLIARINI 2009), ela não afeta o crescimento inicial da cultura do milho e, na maioria dos casos, não interfere na produtividade de grãos (COBUCCI 2001, BARDUCCI et al. 2009). No entanto, a capacidade competitiva do milho depende da população utilizada e das características morfológicas da cultivar, como altura da planta e conformação das folhas, além do suprimento adequado de nutrientes (LARA-CABEZAS & PÁDUA 2007, FREITAS et al.

2008). Além de oferecer forragem aos rebanhos, os capins do gênero *brachiaria* também contribuem para a estruturação do solo e, em consórcio com culturas agrícolas como milho e café, proporcionam mais sanidade ao solo e ganhos de produtividade das culturas (EMPRAPA, 2018).

A semeadura da *brachiaria* pode ser realizada antes, durante ou depois da semeadura do milho, sendo que quando antecipa a forrageira pode causar reações significativas na produtividade do milho. Devido a esse fato recomenda-se a implantação simultânea de milho e *brachiaria* a fim de reduzir os custos com operações de semeadura, porém em contra partida a semeadura, até 14 dias após o plantio do milho, é uma alternativa para diminuir a competição da *brachiaria* com o milho (DUARTE et al., 2013). Além disso, a consorciação das forrageiras pode promover a supressão na emergência das plantas daninhas, em virtude da agressividade na formação dessas espécies forrageiras após a colheita da cultura produtora de grãos (Jakelaitis et al., 2004; Freitas et al., 2005).

As *brachiaris* utilizadas na verdade são plantas pouco tolerantes em baixas temperaturas e não são adequadas a áreas onde as geadas são fortes. A temperatura ideal para o crescimento de plantas é de aproximadamente 30° C e temperaturas abaixo de 25°C reduzem a taxa de crescimento (ALVES et al., 2016). Os elementos de clima são significativos no estabelecimento da produtividade das forrageiras, e variáveis como a temperatura, precipitação pluviométrica e a luminosidade (fotoperíodo e qualidade da luz) influenciam sobremaneira variáveis importantes como a produção de massa e a sazonalidade da produção forrageira (TONATO et al, 2010).

Resende et al. (2008) observaram que a condição climática é um fator externo decisivo nas respostas aos tratamentos, pois quando a disponibilidade de água não é limitante, o arranjo de plantas de milho e a competição com a *brachiária* não apresentam efeito evidente na produtividade de grãos.

A escolha e a seleção das modalidades de consórcio podem ser variadas, dependendo do objetivo, momento e método de implantação, posição das sementes de *brachiária* em relação às linhas do milho e também de acordo com a disponibilidade da estrutura local (CECCON et al., 2013^a). Atualmente, a prática do cultivo consorciado é considerada uma das melhores alternativas para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas tropicais (BORGUI et al., 2013), como consequência da diversidade de produção, melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo ao longo do tempo de adoção do sistema, e

a quebra de ciclos bióticos (pragas, doenças), contribuindo para aumentar a produtividade das culturas (CALONEGO et al., 2011; BALBINO et al., 2011).

A agricultura é uma atividade econômica que depende em grande escala das condições climáticas, cujo resultado apresenta uma variabilidade interanual acentuada. O impacto de fatores climáticos, como o aumento da temperatura, nas culturas agrícolas pode alterar os diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento de cada planta, e gera consequências que podem agravar os efeitos na sua produtividade. (Walter et al., 2010; Pinto et al., 2000). Para que haja uma redução dos riscos climático para a agricultura e consequente diminuição das perdas para os agricultores, tornou imprescindível identificar, quantificar e mapear as áreas mais favoráveis ao plantio das culturas de sequeiro, levando-se em conta a oferta climática e, mais especificamente, a distribuição pluviométrica. (EMBRAPA, 2008).

2.2 Regiões Homogêneas de Precipitação – RHP

As RHPs utilizadas nesta pesquisa foram definidas por Menezes (2009) a partir de técnicas de análises multivariadas. No total foram identificadas e caracterizadas 10 regiões com características homogêneas de precipitação, as quais, foram utilizadas no Zoneamento Agropecuário do Estado do Maranhão-ZAMA (SAGRIMA, 2018), conforme descritas a seguir:

2.2.1 Região Homogênea de Precipitação - RHP 1

Localiza-se no Noroeste do Estado, integrando as microrregiões geográficas do Litoral Ocidental, Ilha do Maranhão (São Luís), e Norte das microrregiões do Gurupi, Baixada e Pindaré. O clima da região é do tipo B1A'sa' - Úmido, megatérmico, moderada deficiência hídrica, média anual de chuva de 2.055 mm, temperatura média anual de 27°C e evapotranspiração potencial de 1.695,6 mm

2.2.2 Região Homogênea de Precipitação - RHP 2

Abrange principalmente a microrregião da Baixada, Centro Sul da microrregião do Gurupi e, Centro da microrregião de Pindaré. Na região o total anual de chuvas é de 1.879 mm, com temperatura média anual do ar de 26,4°C (megatérmico), deficiência hídrica moderada e evapotranspiração potencial de 1.584 mm, sendo classificada pela fórmula climática B1 A's a',

2.2.3 Região Homogênea de Precipitação - RHP 3

Compreende as microrregiões geográficas de Rosário e Itapecuru Mirim. O clima da região é do tipo Úmido, megatérmico, acentuada deficiência hídrica, média anual de chuva

de 1.738 mm, temperatura média anual de 26,5°C e evapotranspiração potencial de 1.579 mm - B1 A's2 a',

2.2.4 Região Homogênea de Precipitação - RHP 4

Região Homogênea de Precipitação - RHP 4, localizada no Nordeste do Estado, compreende as microrregiões do Baixo Parnaíba maranhense, Chapadinha e Lençóis maranhense. O clima da região é classificado como úmido Subúmido, megatérmico, acentuada deficiência hídrica, média anual de chuva de 1.577 mm, temperatura média anual de 27°C e evapotranspiração potencial de 1683 mm - C2 A's2 a',

2.2.6 Região Homogênea de Precipitação - RHP 5

Localizada no leste do estado do Maranhão, envolve principalmente as microrregiões de Caxias, Codó e Coelho Neto. O clima da região é do tipo C2 A's2 a' - Úmido Subúmido, megatérmico, acentuada deficiência hídrica, média anual de chuva de 1544 mm, temperatura média anual de 26,5°C e evapotranspiração potencial de 1.583 mm.

2.2.5 Região Homogênea de Precipitação - RHP 6

Abrange uma área localizada no Centro-Oeste do estado do Maranhão, compreendendo as microrregiões do Alto Mearim e Grajaú, e partes das microrregiões de Imperatriz e Pindaré. O clima da região é caracterizado como úmido subúmido, com acentuada deficiência de água nos meses mais quentes do ano. Com relação ao regime térmico, é megatérmico, com temperaturas médias anuais de 26,1°C. O total anual de chuvas é da ordem 1.388 mm e em contrapartida a evapotranspiração potencial é da ordem de 1.532 mm. O clima da região definido, em termos de temperatura, precipitação pluvial e evapotranspiração potencial e suas distribuições estacionais é do tipo C2 A's2 a',

2.2.7 Região Homogênea de Precipitação - RHP 7

Localizada no Sudoeste do estado do Maranhão, abrange principalmente as microrregiões de Imperatriz e Porto Franco. O clima da região é caracterizado como seco Subúmido, com moderado excesso de água, possuindo tipologia climática C1A'w a', conforme descrito no Tabela 23. A pluviosidade média da região é de 1.222 mm/ano e evapotranspiração potencial anual de 1.460 mm. A temperatura média anual da região é de 25,7°C. Nos meses mais secos do ano a temperatura média do ar é de 26,7°C, caindo para 25,3°C durante o período chuvoso.

2.2.8 Região Homogênea de Precipitação - RHP 8,

Localizada no Sudeste do estado, abrange principalmente a microrregião das Chapadas do Alto Itapecuru. O clima da região é caracterizado como seco Subúmido, com moderado excesso de água nos meses mais chuvosos do ano. A temperatura média anual de 26,2°C, alcançando 27°C nos meses mais secos do ano e 25,4°C durante o período chuvoso. Em média chove anualmente sobre a região 1.245 mm, com evapotranspiração potencial em torno de 1.531 mm. A tipologia climática da região, segunda classificação de Thorthwaite é C1A'wa',

2.2.9 Região Homogênea de Precipitação - RHP 9

Localizada no Sudeste do estado, compreende a microrregião das Chapadas das Mangabeiras. Apresenta clima seco Subúmido, com pequeno ou nenhum excesso de água, conforme descrito na Tabela 25. É megatérmico, com temperatura média anual de 25,8°C. Nos meses mais secos do ano a temperatura média do ar é de 27,2°C, caindo para 25,2°C durante o período chuvoso. Os totais anuais de chuvas e evapotranspiração potencial são da ordem de 1.099 mm e 1.481,1 mm, respectivamente. A fórmula climática, segundo Thornthwaite (1948), para esta região é: C1A'da',

2.2.10 Região Homogênea de Precipitação - RHP 10

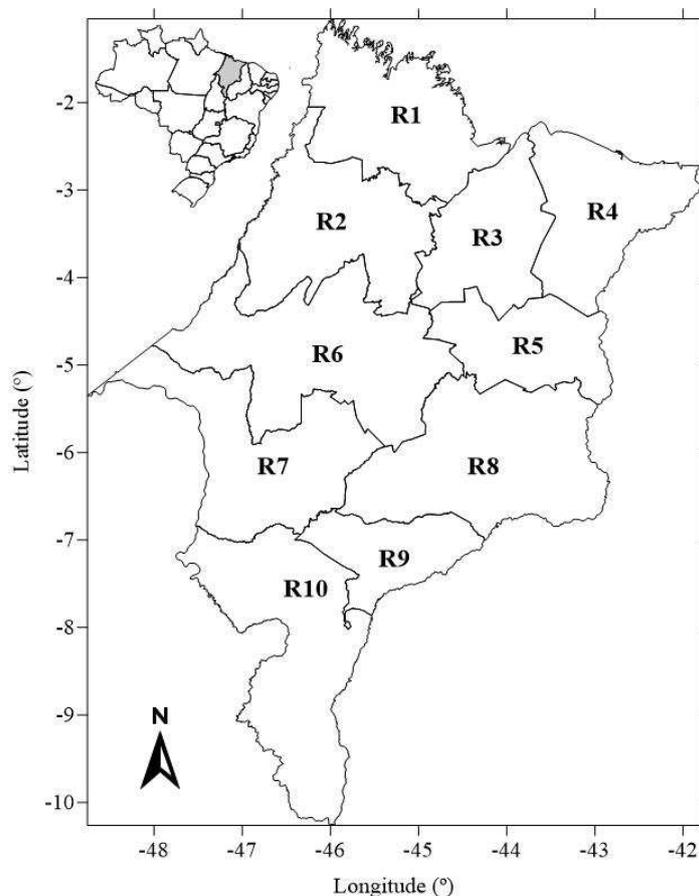
Localizada no sul do estado do Maranhão, abrange a microrregião de Gerais de Balsas. O clima da região é caracterizado como seco Subúmido, com moderado excesso de água e tipologia climática C1A'wa', Tabela 26. O clima é megatérmico, com temperaturas médias anuais de 26,3°C. Nos meses mais secos do ano a temperatura média do ar é de 26,7°C, caindo para 26°C durante o período chuvoso. A evapotranspiração potencial anual é da ordem de 1.563,3 mm, enquanto o total pluviométrico anual médio da região alcança 1.317 mm.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estado do Maranhão está localizado entre o Nordeste Semiárido e a Amazônia, conforme Figura 1. Observa-se as 10 regiões homogêneas de precipitação, utilizadas no trabalho, com suas respectivas localizações: A R1-Litoral Ocidental, R2 – Baixada, R3 – Itapecuru Mirim, R4 – Baixo Parnaíba, R5 – Cocais, R6 – Médio Mearim/Açailândia, R7 – Imperatriz, R8 – Chapada do Alto Itapecuru R9 – Chapada das Mangabeiras e R10 – Gerais de Balsas.

Figura 1 – Localização geográfica do estado do Maranhão com suas respectivas regiões homogêneas de precipitação.



3.2 Procedimentos Metodológicos

O procedimento adotado consistiu na utilização do programa SARRA (Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos), desenvolvido por Baron et al. (1996). Esse sistema determina o balanço de água no solo para os cultivos agrícolas.

A base de dados foi constituída de:

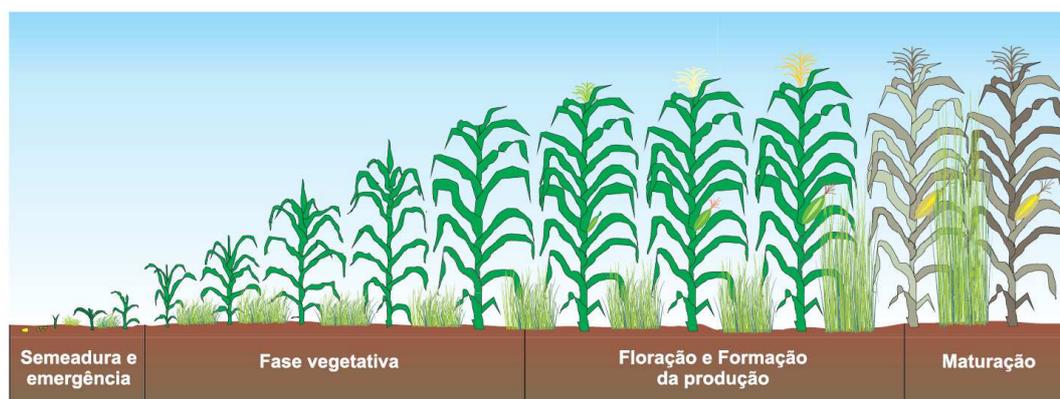
- a) Precipitação pluvial, obtida do acervo da Agência Nacional de Águas-ANA, contemplando 30 anos de dados diários (1987-2016) e evapotranspiração de referência, a ser determinada pelo método de Thornthwaite (1948);
- b) Informações relativas as culturas do consórcio milho x *braquiária*, quais sejam: valores dos coeficientes de cultivo, duração das fases fenológicas das culturas e profundidade do sistema radicular;

Foram utilizados valores médios decendiais dos coeficientes culturais (Kc) determinados em experimentação no campo por Silva et al. (2014).

- c) Informações de solos: Água disponível e Capacidade de Água Disponível-CAD.

A análise foi baseada no ciclo e nas fases fenológicas da cultura de milho, para cultivares de ciclo médio de 120 dias. O ciclo da cultura de milho foi dividido em quatro fases fenológicas (Figura 2): FASE I - Semeadura/emergência (10 dias); FASE II - desenvolvimento vegetativo (45 dias); FASE III - florescimento/enchimento de grãos (40 dias) e FASE IV – maturação (25 dias). Foram consideradas como críticas, com potencial de ocorrência de deficiência hídrica, para o consórcio as FASES I e III, com durações de 10 e 45 dias, respectivamente.

Figura 2 – Fases do ciclo produtivo para o consórcio milho x *brachiaria*



Fonte: Silva e Evangelista (2016)

Foram realizadas sete simulações, sempre no primeiro decêndio de cada mês, entre os meses de outubro e abril, período que corresponde a estação de crescimento para culturas de sequeiro do estado do Maranhão. Foram considerados solos de textura média.

O grau de risco climático considerados para as culturas foi dado em função do Índice de Satisfação das Necessidades de Água - ISNA, que representa a relação entre evapotranspiração real e evapotranspiração máxima da cultura.

O resultado foi estabelecido do cruzamento do grau de risco obtido das fases críticas I e III, sendo classificado de acordo com a condição (SILVA et. al., 2017):

Fase I (*brachiária* e milho):

- a) $ISNA \geq 0,60$: sem restrição hídrica ou deficiência hídrica leve.
- b) $0,60 > ISNA > 0,50$: as culturas estão sujeitas a deficiência hídrica moderada.
- c) $ISNA \leq 0,50$: as culturas estão sujeitas a deficiência hídrica moderada a severa.

Fase III (milho)

- a) $ISNA \geq 0,50$: sem restrição hídrica ou deficiência hídrica leve.
- b) $0,50 > ISNA > 0,40$: a cultura está sujeita a deficiência hídrica moderada.
- c) $ISNA \leq 0,40$: a cultura está sujeita a deficiência hídrica moderada a severa.

As áreas e os períodos com menor risco climático foram delimitados em função da ocorrência de menor risco climático para as duas culturas. Para isso, foram realizados os cruzamentos das Fases I e III de acordo com os critérios mostrados no Quadro 1:

Quadro 1 – Critérios estabelecidos na avaliação de risco climático para o consócio milho x *brachiária*.

FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
Menor	Menor	o consórcio está exposto a menor risco climático
Menor	Médio	o consórcio está exposto a médio risco climático
Menor	Maior	o consórcio está exposto a maior risco climático
Médio	Menor	o consórcio está exposto a médio risco climático
Médio	Médio	o consórcio está exposto a médio risco climático
Médio	Maior	o consórcio está exposto a maior risco climático
Maior	Menor	o consórcio está exposto a maior risco climático
Maior	Médio	o consórcio está exposto a maior risco climático
Maior	Maior	o consórcio está exposto a maior risco climático

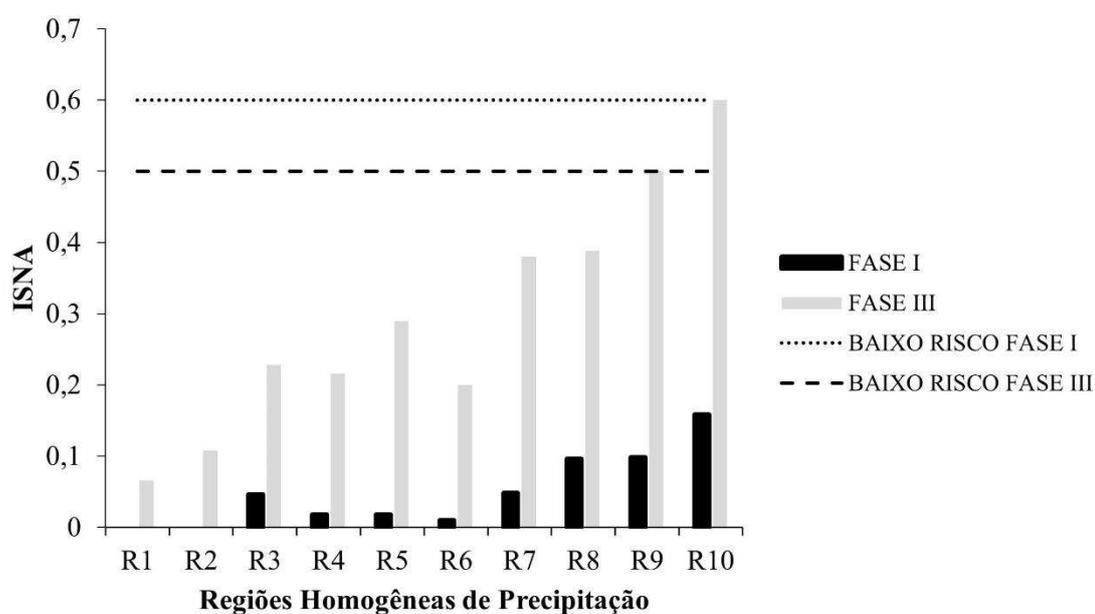
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Plantio no primeiro decêndio de outubro

A implantação no estado do Maranhão do consócio milho x *brachiária* no primeiro decêndio do mês de outubro, conforme mostrado no Gráfico 1 e discriminado no Quadro 2, está exposto a maior risco climático. Nas regiões homogêneas R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 e R8 o risco está associado a deficiência de água moderada a severa no solo nas fases I (semeadura a emergência para o milho e *brachiária*), com valores de ISNA inferiores a 0,5 e fase III (floração e enchimentos dos grãos da cultura do milho), com valores de ISNA inferiores a 0,4. Para as

regiões homogêneas de precipitação R9 e R10, muito embora haja disponibilidade de água no solo na fase III para a cultura do milho, onde o ISNA alcançou valores maiores ou iguais a 0,5, o maior risco climático para a implantação do consórcio está associado a deficiência de água moderada a forte na fase I, com valores de ISNA inferiores a 0,5.

Gráfico 1 – Índice de satisfação das Necessidades de Água para o consórcio milho x *brachiaria* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio do mês de outubro em solo de textura média.



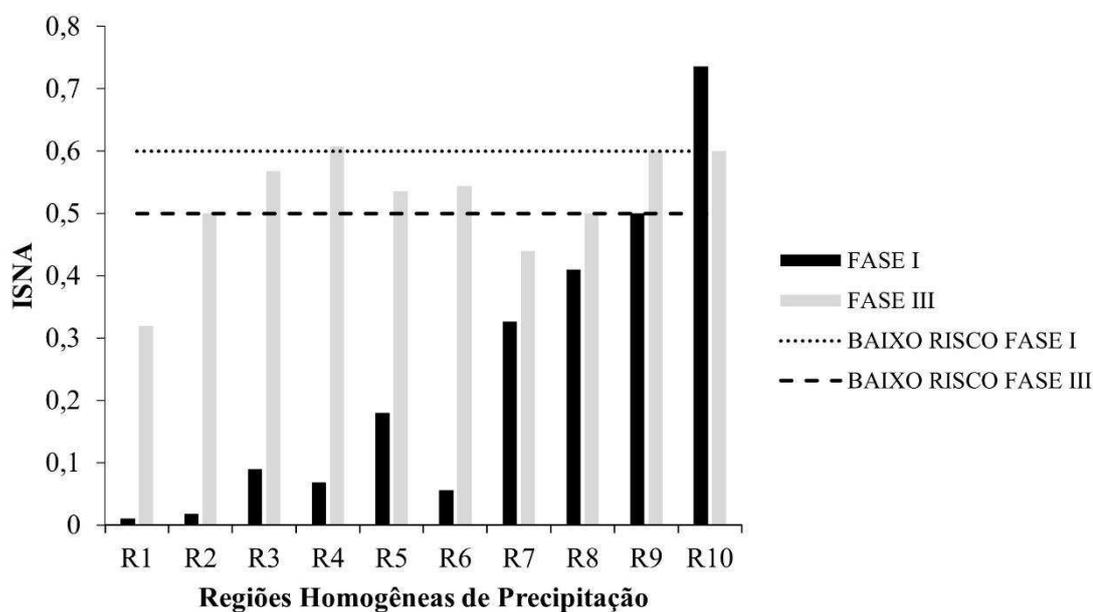
Quadro 2 – Plantio no primeiro decêndio de outubro

REGIÕES	FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
R1	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R2	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R3	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R4	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R5	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R6	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R7	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R8	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R9	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R10	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático

4.2 Plantio no primeiro decêndio de novembro

A implantação no estado do Maranhão do consórcio milho x *brachiária* no primeiro decêndio do mês de novembro, como mostra o Gráfico 2 e apresentado no Quadro 3, está exposto a maior risco climático nas regiões homogêneas R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 e R8. O maior risco está associado a deficiência hídrica moderada a severa no solo na fase I (semeadura e emergência para o milho e a *brachiária*) com valores do ISNA inferiores a 0,5, muito embora, na fase III (floração e enchimento de grãos para a cultura do milho), os valores de ISNA estejam iguais ou acima de 0,5 nas regiões R2, R3, R4, R5, R6 e R8, ou seja, sem restrição hídrica e entre 0,4 e abaixo de 0,5 na região R7, com deficiência hídrica moderada. Na região homogênea R10 tem água disponível tanto na fase I quanto na fase III, sendo a única região com condições adequadas para implantar o consorcio. Na região R9 as condições são de risco médio para a implantação do consórcio devido a moderada deficiência de água na fase I, embora haja disponibilidade de água na fase III para o milho, ou seja, sem restrição hídrica ou deficiência leve.

Gráfico 2 – Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de novembro em solo de textura média.



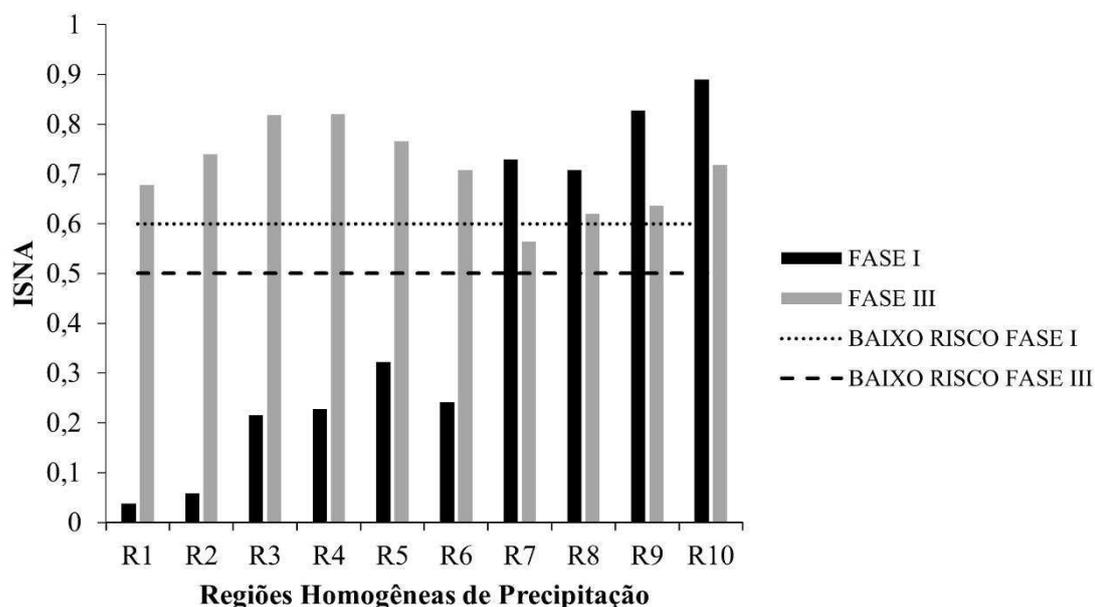
Quadro 3 – Plantio no primeiro decêndio de novembro

REGIÕES	FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
R1	Maior	Maior	Exposto a maior risco climático
R2	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R3	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R4	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R5	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R6	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R7	Maior	Médio	Exposto a maior risco climático
R8	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R9	Médio	Menor	Exposto a médio risco climático
R10	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático

4.3 Plantio no primeiro decêndio de dezembro

A implantação no estado do Maranhão do consórcio milho x *brachiária* no primeiro decêndio do mês de dezembro, como mostra o Gráfico 3 e apresentado no Quadro 4, está exposto a maior risco climático nas regiões homogêneas R1, R2, R3, R4, R5 e R6, onde o risco está associado a deficiência hídrica moderada a severa no solo na fase I (semeadura e emergência para o milho e a *brachiária*) com valores do ISNA inferiores a 0,5, embora não haja restrição hídrica, ou seja, deficiência de água no solo na fase III do ciclo produtivo da cultura do milho. Por outro lado, a implantação do consórcio é recomendada nas regiões homogêneas R7, R8, R9 e R 10, pois tem água disponível no solo na fase I do consórcio, com valores do ISNA acima de 0.6 e na fase III (floração e enchimento de grãos para a cultura do milho) com valores do ISNA acima de 0,5.

Gráfico 3 – Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de dezembro em solo de textura média.



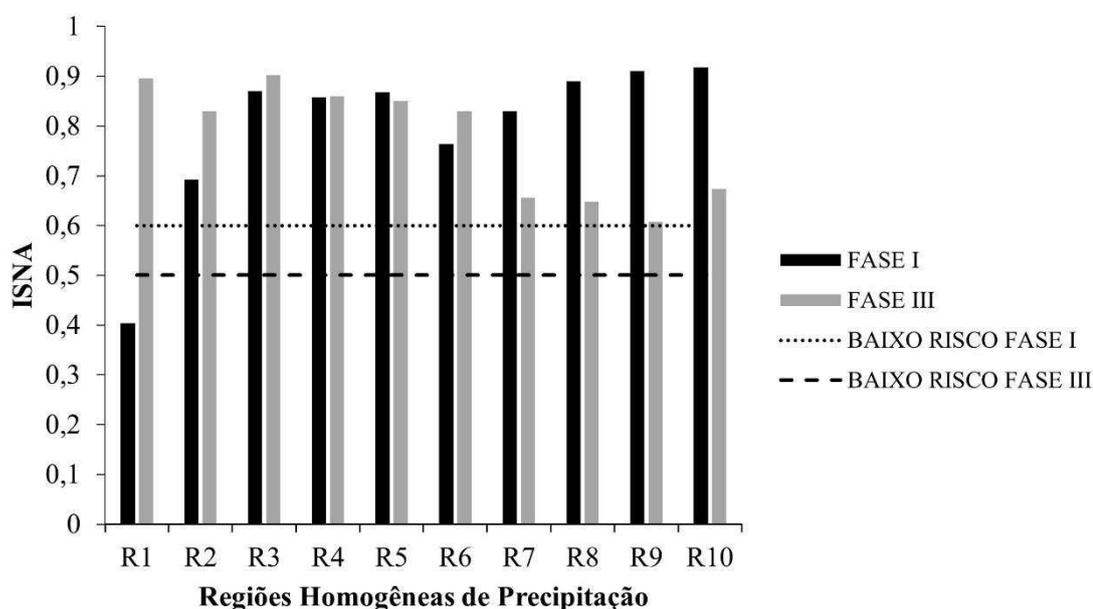
Quadro 4 – Plantio no primeiro decêndio de dezembro

REGIÕES	FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
R1	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R2	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R3	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R4	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R5	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R6	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R7	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R8	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R9	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R10	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático

4.4 Plantio no primeiro decêndio de janeiro

A implantação no estado do Maranhão do consórcio milho x *brachiária* no primeiro decêndio do mês de janeiro, mostrado no Gráfico 4 e discriminado no Quadro 5, está exposto a menor risco climático em todas as regiões homogêneas R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8 R9 e R10. Nessas regiões o período de chuvas já encontra-se estabelecido, havendo plena disponibilidade de água no solo na fase I (semeadura e emergência para o milho e *brachiária*) e na fase III de floração e enchimento dos grãos da cultura do milho, com valores do ISNA acima de 0,6. Na região homogênea R1, a implantação do consórcio está exposto a um alto risco climático, pois no primeiro decêndio de janeiro, as chuvas ainda estão irregulares e se estabelecendo, de forma que a água disponível no solo ainda não atende as necessidades hídricas exigidas para a implantação do consórcio com valores de ISNA inferiores a 0,4 na fase I (semeadura a emergência), o que representa deficiência hídrica moderada a severa, muito embora, na fase III (floração e enchimento de grãos da cultura do milho) há água disponível no solo com valores do ISNA acima de 0,5.

Gráfico 4 – Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de janeiro em solo de textura média.



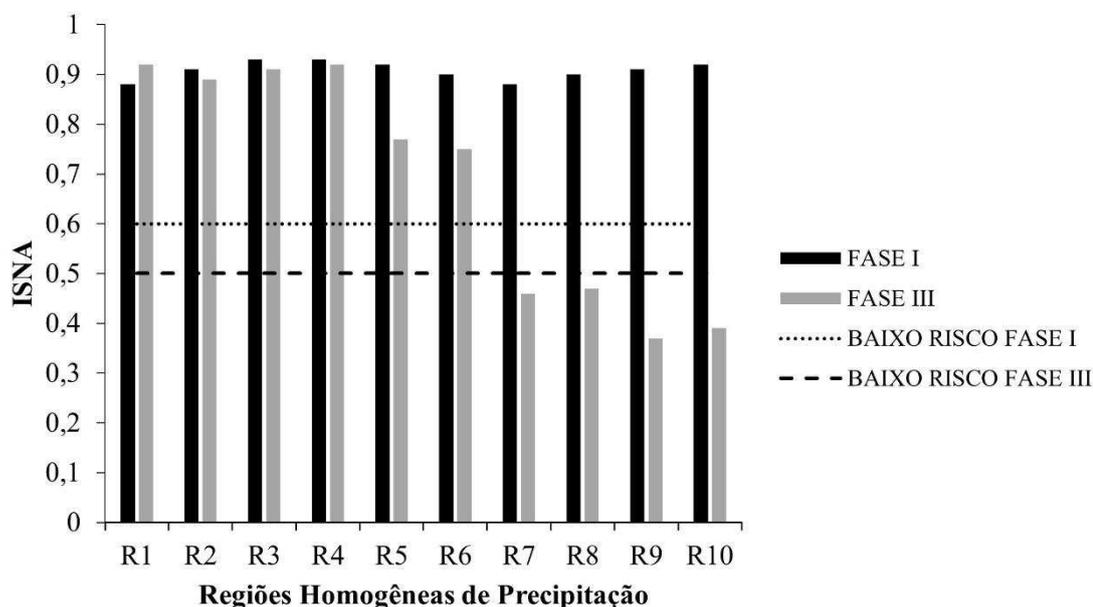
Quadro 5 – Plantio no primeiro decêndio de janeiro

REGIÕES	FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
R1	Maior	Menor	Exposto a maior risco climático
R2	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R3	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R4	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R5	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R6	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R7	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R8	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R9	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R10	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático

4.5 Plantio no primeiro decêndio de fevereiro

A implantação no estado do Maranhão do consórcio milho x *brachiária* no primeiro decêndio do mês de fevereiro, mostrado no Gráfico 5 e discriminado no Quadro 6, está exposto a menor risco climático, nas regiões homogêneas R1, R2, R3, R4, R5 e R6, pois as exigências hídricas são plenamente atendidas, não havendo nenhuma restrição hídrica no solo na fase I (semeadura e emergência para o milho e *brachiaria*) e na fase III (floração e enchimento dos grãos da cultura do milho), onde o ISNA alcançou valores acima de 0,6. Nas regiões R7 e R8 a implantação do consórcio está sujeita a um médio risco climático, pois há disponibilidade água no solo na fase I, porém com moderada deficiência de água no solo na fase III (floração e enchimento de grãos para a cultura do milho), com valores de ISNA entre 0,4 e 0,5. Nas regiões homogêneas R9 e R10, muito embora haja condições hídricas para a implantação do consórcio na fase I, na fase III observa-se deficiência de água no solo moderada a severa com valores do ISNA igual ou abaixo de 0,4, tal condição é considerada de alto risco climático para a implantação do consórcio.

Gráfico 6 – Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de fevereiro em solo de textura média.



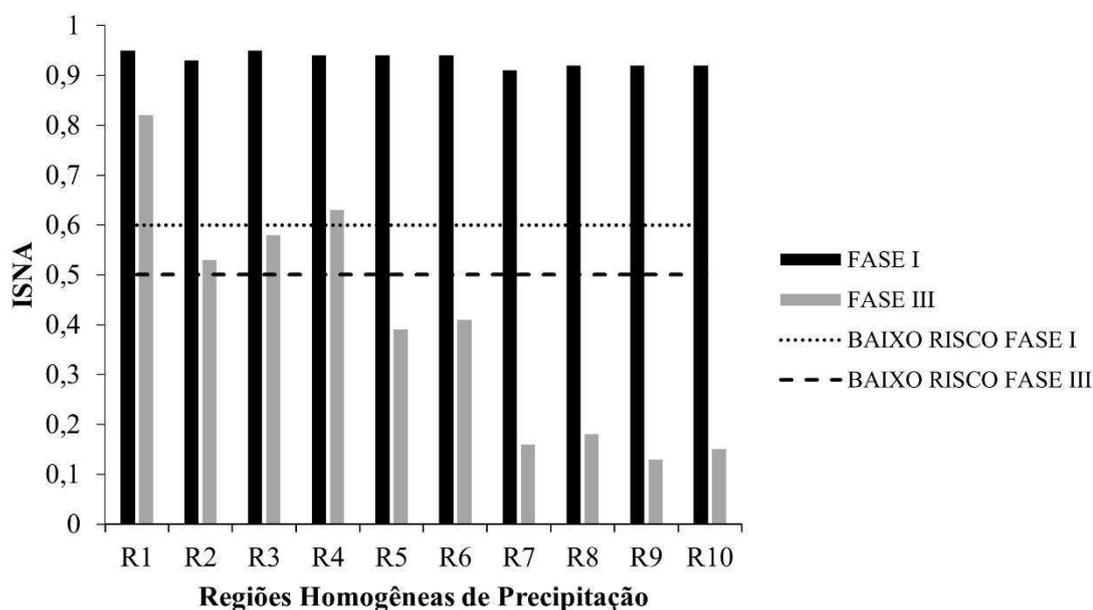
Quadro 6 – Plantio no primeiro decêndio de fevereiro

REGIÕES	FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
R1	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R2	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R3	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R4	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R5	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R6	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R7	Menor	Médio	Exposto a médio risco climático
R8	Menor	Médio	Exposto a médio risco climático
R9	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R10	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático

4.6 Plantio no primeiro decêndio de março

No primeiro decêndio de março a implantação do consórcio milho x *brachiaria* no estado do Maranhão é considerada de menor risco climático nas regiões R1, R2, R3 e R4, pois haverá disponibilidade de água no solo nas fases I e III do ciclo produtivo, conforme mostrado no Gráfico 6 e apresentado no Quadro 7. Não se recomenda a implantação do consórcio no primeiro decêndio de março nas regiões homogêneas R5, R7, R8, R9 e R10, devido a severa deficiência de água na fase III, que corresponde a floração e enchimento dos grãos da cultura do milho, muito embora haja água disponível na fase I (semeadura e emergência para o milho e *brachiaria*), onde os valores de ISNA encontram-se acima de 0,6. Na região R6 o risco é considerado médio, pois há plena disponibilidade de água na fase I, porém com moderada deficiência de água na fase III (floração e enchimento de grãos para a cultura do milho), com valores de ISNA ligeiramente superiores a 0,4.

Gráfico 6 – Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiaria* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de março em solo de textura média.



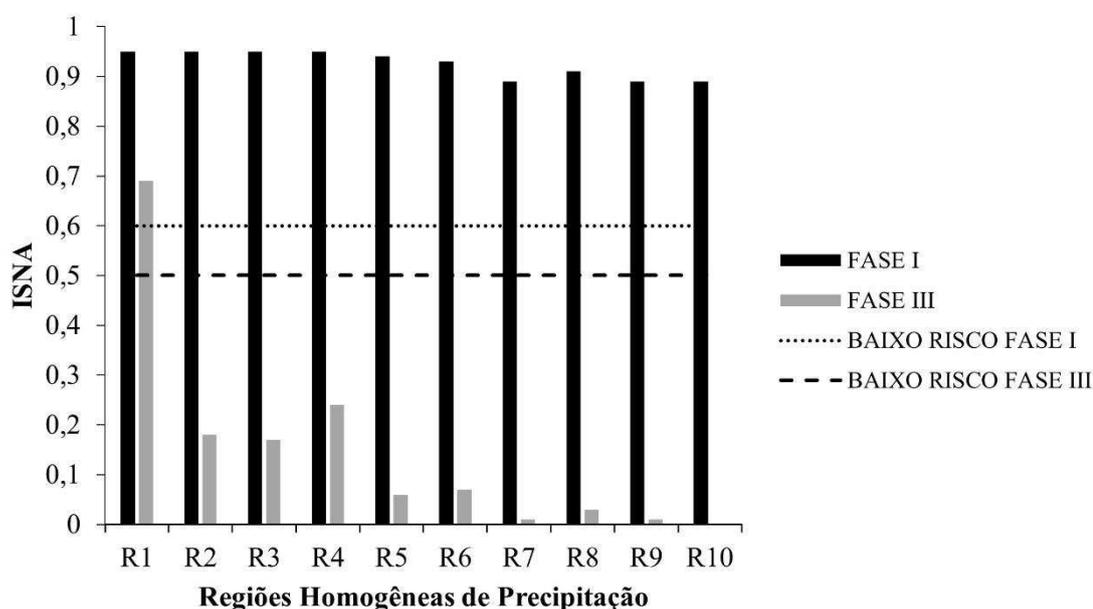
Quadro 7 – Plantio no primeiro decêndio de março

REGIÕES	FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
R1	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R2	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R3	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R4	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R5	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R6	Menor	Médio	Exposto a médio risco climático
R7	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R8	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R9	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R10	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático

4.7 Plantio no primeiro decêndio de abril

A implantação do consórcio milho x *brachiaria* no estado do Maranhão no primeiro decêndio do mês de abril, conforme mostrado no Gráfico 7 e apresentado no Quadro 8, está exposto a maior risco climático nas regiões homogêneas R2, R3 R4, R5, R6, R7, R8, R9 e R10 devido a severidade da deficiência hídrica na fase III do ciclo produtivo da cultura do milho, onde os valores de ISNA são extremamente baixos, de forma a não atender as exigências hídrica nessa fase, muito embora haja disponibilidade hídrica na fase I do consórcio com valores do ISNA acima de 0,6. No primeiro decêndio de abril a implantação do consórcio milho x *brachiária* somente é recomendado na região homogênea R1, onde há condições climáticas plenas tanto na fase de semeadura e a emergência do milho e *brachiária*, como na fase de floração e enchimento dos grãos para a cultura do milho.

Gráfico 7 – Índice de Satisfação das Necessidades de Água-ISNA para o consórcio milho x *brachiária* por regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão para plantio no primeiro decêndio de abril em solo de textura média.



Quadro 8 – Plantio no primeiro decêndio de abril

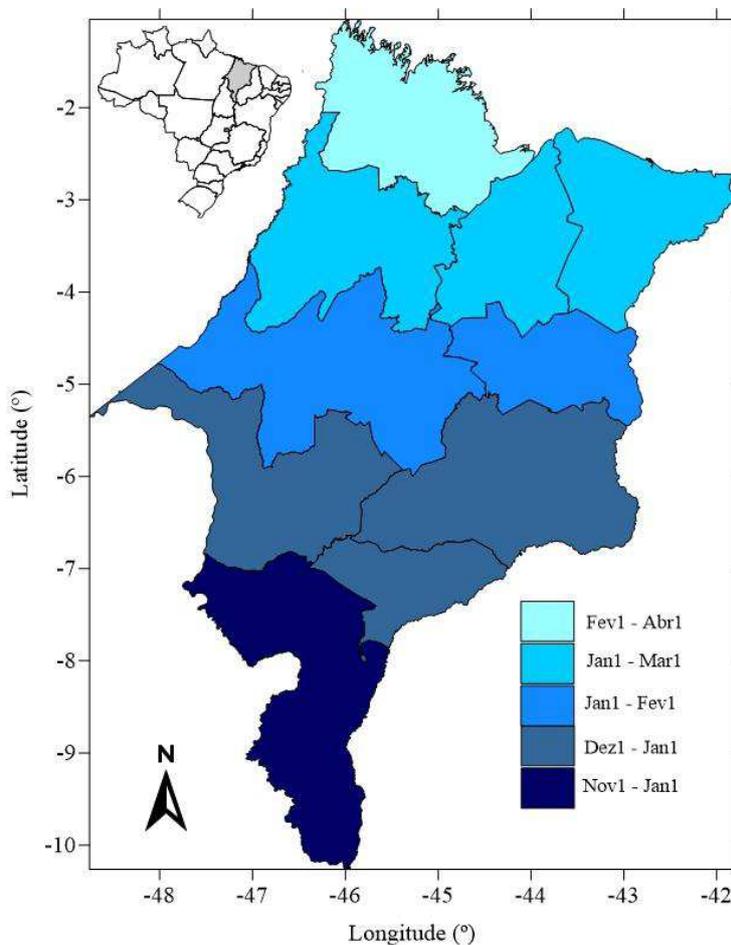
REGIÕES	FASE I	FASE III	CONDIÇÃO DE RISCO
R1	Menor	Menor	Exposto a menor risco climático
R2	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R3	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R4	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R5	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R6	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R7	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R8	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R9	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático
R10	Menor	Maior	Exposto a maior risco climático

Em síntese, considerando que as simulações foram realizadas somente para o primeiro decêndio de cada mês, de outubro a abril, a Figura 3, mostra as regiões homogêneas de precipitação com os respectivos decêndios onde as condições climáticas apresentaram-se favoráveis ao plantio do consórcio milho x *brachiária* no estado do Maranhão, ou seja, a disponibilidade de água no solo atendem as necessidades hídricas nas fase I – semeadura a

emergência do milho x *brachiaria* e fase III – floração e enchimento dos grãos da cultura do milho.

Na região homogênea R10, denominada de Gerais de Balsas, no sul do estado, o plantio do consórcio é recomendado nos primeiros decêndios de novembro, janeiro e fevereiro. No primeiro decêndio de dezembro e janeiro o plantio avança para as regiões R7, R8 e R9, correspondendo, respectivamente, as regiões denominadas de Imperatriz, Chapada do Alto Itapecuru e Chapada das mangabeiras. Nas regiões do Médio Mearim/Açailândia e Cocais denominadas R5 e R6, o plantio é recomendado no primeiro decêndio de janeiro e fevereiro. Nas regiões da Baixada, Itapecuru Mirim e Baixo Parnaíba, denominadas de R2, R3 e R4, respectivamente, o plantio é recomendado nos primeiros decêndios de janeiro, fevereiro e março. Por fim, na região do Litoral Ocidental, no extremo Noroeste do estado, denominada de R1, o plantio é recomendado no primeiro decêndio de fevereiro, março e abril.

Figura 3 – Distribuição das áreas favoráveis plenamente a implantação do consórcio milho x *brachiária* no estado do Maranhão de acordo com a região homogênea de precipitação para solos de textura média.



5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados, pode-se concluir sobre a implantação do consórcio milho x *brachiária* no estado do Maranhão:

É de alto risco em todas as regiões homogêneas de precipitação no primeiro decêndio de outubro, devido não atender as necessidades hídricas na fase I- semeadura/emergência do ciclo produtivo (milho x *brachiária*) em todas as regiões homogêneas;

É de alto risco em todas as regiões homogêneas de precipitação, exceto na região R1-Litoral Ocidental, para implantação no primeiro decêndio de abril, devido não atender as necessidades hídricas na fase III-floração/enchimento de grãos do ciclo produtivo da cultura do milho. Na região R1 as exigências hídricas das culturas são plenamente atendidas nas fases I (milho x *brachiária*) e III (milho);

É de baixo risco, ou seja não há restrição hídrica nas fases I e III do ciclo produtivo das culturas, sendo recomendado a implantação nas regiões homogêneas de precipitação: R10- Gerais de Balsas, no primeiro decêndio de novembro, dezembro e janeiro; R7-Imperatriz, R8- Chapada do Alto Itapecuru e R9-Chapada das Mangabeira, no primeiro decêndio de dezembro e janeiro; R5-Cocais e R6-Alto Mearim/Açailândia, no primeiro decêndio de janeiro e fevereiro; R2- Baixada, R3-Itapecuru Mirim e R4-Baixo Parnaíba, no primeiro decêndio de janeiro, fevereiro e março; e R1-Litoral Ocidental, no primeiro decêndio de fevereiro, março e abril.

Como sugestão para futuros trabalhos:

- Avaliar o risco climático para o consórcio em cenários de anos secos e chuvosos;
- Avaliar o risco climático para o consórcio em cenários de mudanças climáticas;
- Fazer levantamento em campo das características físicas do solo, de forma a determinar mais fielmente a sua curva característica da Capacidade de Armazenamento de Água;
- Elaborar experimentos de campo para determinação do coeficiente de crescimento das culturas;
- Para fins de monitoramento climático, a implantação de um sistema de observação meteorológica capaz de coletar informações em loco.
- Validação dos resultados em campo;

REFERENCIAS

BORGH, Emerson et al. **Manejo de especies forrageiras em consorcio com milho safrinha.**, XI SEMINARIO NACIONAL, realização EMBRAPA, Dourados-MS, novembro 2013

BORGES Gilson Mariano et.al. O perfil da Agricultura Maranhense. Disponível em< <https://sagrma.ma.gov.br/files/2017/01/boletim-final-18-01.pdf>>. Acesso em 10 julho.2021.

COLETTI A Jr, **Produtividade de grãos e palhada no consórcio de milho com *Urochloa* na safrinha, em função da adubação.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013

COSTA U. J. H et al. **Produtividade do milho e de forrageiras leguminosas e qualidade e produtividade do capim-marandu em sistema de integração lavoura-pecuária.** Tese (doutor em Agronomia) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP. Ilha Solteira, 2020.

COSTA, R .N et al. **Acumulo de macronutrientes e decomposição da palhada e *brachiaria* em razão da adubação nitrogenada durante e após o consorcio com a cultura do milho.** .Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbcs/aZq3BtksmQ7hMW6sjkv565hB/?lang=pt/>> acesso 18 jul 2021

COSTA, R N et al. **Densidade e formas de semeadura do capim-*brachiaria* e produtividade do milho na integração lavoura pecuária.** Disponível em, <http://revistatca.pb.gov.br/edições/volume-07-2013/volume-7-numero-7-2013/volume-numero-4-dezembro-2013/tca7411.pdf>

DA SILVA A C et al. Produtividade da *Brachiaria Brizantha* cv. Mrandu em função da adubação nitrogenada na Amazonia ocidental. Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.4, n.8; p. 2017

DA SILVA F J, **Milho safrinha em espaçamento reduzido consorciado com populações de plantas de *brachiaria ruziziensis*.** Tese (Mestre em Agronomia) Produção Vegetal, à Universidade Federal da Grande Dourados, p. 34. 2014

DE CARVALHO, Leal Natalia et al. **Milho: aspectos gerais da cultura e manejo integrado de parags** XXIL JORNADA DE PESQUISA. Unijui, 2017.

E. Borghi e C.A.C. Crusciol. **Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *brachiaria brizantha* em sistema plantio direto** Disponível em<

<https://www.scielo.br/j/pab/a/P4GFXrq4qznRSxbHdp7746d/?format=pdf&lang=pt.>> Acesso em 09 mar 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 333**: Zoneamento de Risco Climático para a Semeadura Simultânea do Milho (*Zea mays* L.) e da *brachiária* (*Brachiaria brizantha* Syn. *Urochloa brizantha*) no Estado de Goiás e no Distrito Federal Platina, DF. EMBRAPA CERRADOS, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias. **Consortio milho-brachiaria**. EMBRAPA, Brasília, 2013.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas em Agropecuárias. **Circular Técnica 61**: Manejo de plantas daninhas na cultura do milho consorciado com capim-*brachiaria* em Manaus, AM, JUL 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias. **Boletim de pesquisa 316**: Parâmetros hídricos, área foliar e coeficiente cultural (kc) do consorcio milho *brachiaria* irrigado. EMBRAPA. Platina-DF, EMBRAPA CERRADOS.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuaria. Cultivo do milho. Embrapa milho e sorgo. Sistema de produção 2. Set 2010

Em abril o Maranhão e destaque na Produção de soja e milho em grão aponta IBGE. Disponível em < <https://www.ma.gov.br/em-abril-maranhao-e-destaque-na-producao-de-soja-e-milho-em-grao-aponta-ibge>> Acesso em 19 maio. 2021.

FONTANIVE, Erison Danile et al., **Produtividade de milho crioulo em três anos agrícolas, cultivados em sistemas de baixa tecnologia no Nordeste**. Porto alegre/ RS, jun 2019.

FRANCISCO, Megna Roberto Paulo et al. **Zoneamento agrícola de risco climático da região do médio curso do Rio Paraíba**. Universidade Federal de Campina Grande, Sumé-PB,2021.

FREITAS et al., Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodosulfuron-methyl para o manejo da forrageira. Disponível em <https://www.scielo.br/j/pd/a/RT5KLfqJrrvxY9YkbpXtW8K/?lang=pt> acesso em 05 set 2021.

FREITAS, de José Roberto et al, **População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis***- Disponível em ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, jan./mar. 2013>. Acesso em: 26 abr.2021.

KARIA, Takao Claudia et al., **Desenvolvimento de cultivares do gênero *brachiaria* (*trin*) *Griseb.*** No Brasil. EMBRAPA, agosto 2006. Acesso em: 18 Jul 2021

LENIS-MANZANO, Janete Sandra et al, **Histologia da embriogênese somática induzida em embriões de sementes maduras de *Urochloa brizantha apomítica*,** Brasília Maio 2016

LUCENA, Marcia Atauri Cardelli de. Características agronômicas e estruturais de *Brachiaria* spp submetidas a doses e fontes de nitrogênio em solo de cerrado. Nova Odessa - SP, 2010. 101f. Dissertação (Mestrado Produção Animal Sustentavel) - Instituto de Zootecnia. APTA/SAA. Nova Odessa - SP, 2010

MAKIMO, Akeme Priscila. **Avaleação de plantas de milho solteiro e consorciado com *brachiaria ruziziensis*.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados MS 20

MARASCA Indianara et al. **Teores e acúmulo de nitrogênio, fosforo e potássio e decomposição da biomassa da *brachiaria* em Sistema Santa Fé.** Uberlândia-MG- Maio 2005

OLIVEIRA, dos Santos Jaqueline et al.,.. **Características estruturais de gramíneas do gênero *brachiaria* submetidas a frequências de desfolhação, Forragicultura e pastagens,** 2017.

Ramos Ribeiro, R. R., Sulaiman, S. N. 2019: **O risco climático no Brasil: agricultura, rural e clima no contexto de big data. In: Ibero-African-American Risk Symposium, Proceedings of the Third Ibero-African-American Risk Symposium: Risks and Society: From Space Appropriation to the Creation of Territories at Risk,** 17 of 20 June of 2019, in Uberlândia, Minas Gerais: UFU/IG, ISSN: 2674-5542,

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura do milho safrinha,2013, em Mato Grosso do Sul.** Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados. MS. 11 p. 2013.

SAGRIMA. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Perfil da agricultura maranhense. Maranhão-Dez, 2016.

SEIDEL, E. P. et al... **Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo.**

SEMANA:CIENCIAS AGRARIAS, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-66, jan./fev. 2014

SEVERINO, F.J. et al., **interferência mútua entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consorcio. I- implicações sobre a cultura do milho.** Viçosa-MG, nov. 2005.

SILVA, Ferreira Samuel, et al. **Descrição botânica geográfica e potencialidades de uso da *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf.** Alegre – ES. Jun, 2012.

SILVA, Maceda Antônio Fernando et al, **Épocas de semeadura com baixo risco climático para a cultura do milho em consórcio com a *brachiaria* no estado do Goiás.** Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - set de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

SAGRIMA. Zoneamento Agropecuário do estado do Maranhão. Relatório Final. Dez 2018.