

# ZONEAMENTO AGRÍCOLA CLIMÁTICO DA DOENÇA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA: UMA REVISÃO

Data de aceite: 03/04/2023

### **Brenda Ellen Lima Rodrigues**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/3744642411826282>

### **Daniela Abreu de Souza**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/9692849591069861>

### **Samira Santos Araujo**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/3711310410097683>

### **Paula Sara Teixeira de Oliveira**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/3559574180065279>

### **Maria Raysse Teixeira**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/9511862317040773>

### **Gerson Freitas Vieira Neto**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/8631208994644754>

### **Gleicy de Jesus Matos Abreu**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/3898415655002831>

### **Letícia Amorim Cantanhede**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/7030668410471478>

### **Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos**

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Chapadinha - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

**RESUMO:** A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertencente à família das oleaginosas, teve sua exploração iniciada no sul do país e hoje, encontra-se atualmente nas mais diversas regiões do território nacional, tendo grande destaque para os avanços do cultivo que vem sendo realizado em áreas de Cerrado, sendo esta considerada uma das mais importantes culturas para a economia mundial. Seus grãos são utilizados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. A ferrugem asiática é a doença mais importante da soja e tem alto potencial de dano foliar. O fungo biotrófico *P. pachyrhizi* é o agente causal da ferrugem asiática da soja (FAS), uma doença de grande perda econômica. Uma

combinação de elementos meteorológicos pode afetar significativamente o desenvolvimento e a produção da soja. Em condições ideais de temperatura (faixas entre 24°C a 30°C), radiação, chuva, vento e umidade, doenças como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) podem aparecer e requerem uso expresso de defensivos agrícolas. O zoneamento consiste na compartimentação de uma região em territórios, obtidas a partir de atributos que possuem maior importância. Cada zona delimitada possui alto grau de associação dos elementos que a compõe e ao mesmo tempo possui grandes diferenças com as zonas vizinhas. O zoneamento na cultura da soja pode combater diversos tipos de riscos para a produção, principalmente o fitossanitário causado pela ferrugem asiática da soja, uma vez que, leva em conta recomendações de instituições de pesquisas e órgãos estaduais, orientando sobre medidas de manejo necessárias para uma boa safra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temperatura, elementos meteorológicos, cultivo.

**ABSTRACT:** Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) belonging to the oilseed family, had its exploitation started in the south of the country and today, it is currently found in the most diverse regions of the national territory, with great emphasis on the advances in cultivation that has come being carried out in areas of Cerrado, which is considered one of the most important crops for the world economy. Its grains are used by the agroindustry (production of vegetable oil and animal feed), chemical and food industries. Asian rust is the most important soybean disease and has a high potential for foliar damage. The biotrophic fungus *P. pachyrhizi* is the causal agent of Asian soybean rust (ASR), a disease of great economic loss. A combination of meteorological elements can significantly affect soybean development and production. Under ideal temperature conditions (ranges between 24°C to 30°C), radiation, rain, wind and humidity, diseases such as Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) may appear and require the express use of pesticides. Zoning consists of compartmentalizing a region into territories, obtained from attributes that are of greater importance. Each delimited zone has a high degree of association of the elements that compose it and at the same time has great differences with the neighboring zones. Soybean zoning can combat different types of risks to production, mainly the phytosanitary one caused by Asian soybean rust, since it takes into account recommendations from research institutions and state agencies, providing guidance on management measures necessary for a good harvest.

**KEYWORDS:** Temperature, meteorological elements, cultivation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertencente à família das oleaginosas, teve sua exploração iniciada no sul do país e hoje, encontra-se atualmente nas mais diversas regiões do território nacional, tendo grande destaque para os avanços do cultivo que vem sendo realizado em áreas de Cerrado (FREITAS, 2011).

A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo. Dentre as práticas de manejo a época de semeadura, a escolha da cultivar, os espaçamentos e a densidades de semeadura são fatores que influenciam o rendimento da soja e seus componentes da produção (MUAD et al., 2010).

Desde a constatação de epidemias da ferrugem asiática no país, no ano de 2001, a doença mostrou-se altamente agressiva e com índice de expansão rápida, provocando reduções de até 80% na produtividade. A aplicação de fungicidas é o método de controle mais utilizado, porém notou-se que com condição climática favorável (chuva, temperatura e umidade) aliada à grande quantidade de inóculo inicial do fungo em algumas regiões do país, têm exigido um número elevado de pulverizações para ocorrer um controle eficiente da doença, aumentando os custos de produção (CUNHA; PERES, 2010).

O zoneamento climático é um programa autônomo e dinâmico que se encontra em processo de aperfeiçoamento constante. Os resultados são tidos como positivos pelos ganhos oriundos da melhoria dos sistemas produtivos, além da melhoria da qualidade genética das cultivares em uso. O que resulta ao produtor um prévio planejamento quanto às condições de deficiência hídrica e problema climático, que permitirá assim um aumento nas quantidades produtivas agrícolas.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada uma das mais importantes culturas para a economia mundial. Seus grãos são utilizados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Atualmente, vem crescendo da mesma forma seu uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO; ROSSI, 2000).

No Brasil, a soja é cotada como uma das culturas de maior importância econômica. Pesquisas realizadas no território nacional possibilitaram o seu cultivo em toda a extensão territorial do país, compreendendo dimensões que se estendem desde o Rio Grande do Sul até o Equador, tornando a soja, um produto com grande qualidade nutritiva, presente em todas as regiões do Brasil. Seu uso pode ser descrito como excelente fonte vegetal despertando potencialidade para utilização na dieta humana, apresentando grande teor de proteínas de boa qualidade. Originária do Oriente a soja é uma fonte alimentar pouco conhecida entre os brasileiros, sendo, portanto, considerada um alimento exótico (ALBUQUERQUE et al., 2009).

A ampliação da soja no Brasil ocorreu a partir da região Sul do país e sua inclusão em novas áreas de plantio foi viabilizada graças à adoção de novas tecnologias, como uso de sementes de excelente qualidade física, fisiológica, genética e sanitária; adoção do sistema de plantio direto; o desenvolvimento da soja para baixas latitudes e mais resistência às pragas e doenças, acrescentando cultivares mais produtivas e adequadas aos diferentes planos de cultivo (PETTER et al., 2012).

De acordo com Cunha et al. (2001a), o zoneamento climático para a cultura de soja

nos estados brasileiros, inclui diversas variáveis limitantes, tais como: a deficiência hídrica, a insuficiência térmica e a falta de uma estação seca na época de colheita. É por meio do Zoneamento de Risco Climático que se tem noções orientadas em notas técnicas que direcionam o cultivo da soja.

## 2.2 Ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)

Uma combinação de elementos meteorológicos pode afetar significativamente o desenvolvimento e a produção da soja. Em condições ideais de temperatura (faixas entre 24°C a 30°C), radiação, chuva, vento e umidade, doenças como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) podem aparecer e requerem uso expresso de defensivos agrícolas (PERASONI et al., 2020).

Desde 2001, quando foram detectadas as primeiras infecções fúngicas no país, ferrugem asiática atingiu uma área nacional de aproximadamente 20 milhões de hectares. Este evento pode ser atribuído a sua grande capacidade de propagação pelo ar, permitindo-lhe atingir áreas mais remotas, causando virulência e perdas na produtividade. Assim, a agressividade da doença está fortemente relacionada às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do fungo causador desta doença em todas as regiões do Brasil (BERUSKI et al., 2019).

Uma análise geral das variáveis climáticas permitiu observar a relação entre temperatura, umidade relativa, precipitação e o desenvolvimento das primeiras pustúlas da ferrugem asiática nas estruturas foliares da soja. Com o auxílio de evidências climáticas obtidas em campo, concluiu-se que as condições ambientais anteriores ao evento infeccioso eram favoráveis, possibilitando e favorecendo o desenvolvimento e progressão da epidemia fúngica. Vale ressaltar que os resultados mostram consistência com os dados da literatura em vários casos, principalmente em relação a (UR), precipitação, temperatura e umidade foliar (PERASONI, 2020).

A ferrugem asiática é a doença mais importante da soja e tem alto potencial de dano foliar. O fungo biotrófico *P. pachyrhizi* é o agente causal da ferrugem asiática da soja (FAS), uma doença de grande perda econômica. Caracteriza-se por ser muito agressivo e em rápida expansão, pode reduzir a produtividade em até 90%. O uso de sistemas de previsão de doenças pode reduzir o número de surtos de doenças fúngicas, alterando-os apenas quando necessário, e assim também os custos do produtor, os riscos de grandes epidemias e contaminação ambiental (ENGENERS, 2019).

O nível produtivo das culturas agrícolas está diretamente relacionado a quantidade de chuvas, assim como a frequência e nível de intensidade que nos períodos de escassez durante a estação de crescimento das culturas. O momento da escolha da melhor época para sementeira, pode ser realizado oriundo de simulação dos componentes de um balanço hídrico, onde os resultados quando georreferenciados, podem ser especializados por meio de um sistema de informação (MACEDO et al., 2001).

A doença apresenta sintomas iniciais característicos, onde pequeníssimos pontos surgem (em média 1mm de diâmetro) em tons geralmente mais escuros do que o tecido da folha, tendo uma coloração que pode variar entre as tonalidades cinza-esverdeada a esverdeada. Nesse ponto escuro nota-se uma pequena pústula, que evolui e desenvolve diversas urédias (estrutura reprodutora dos fungos). As pústulas tendem a ser estruturas de coloração castanho-clara a castanho escura, abrindo-se um minúsculo poro, e os uredosporos. Os uredosporos são estruturas adquirem a cor bege e acumulam-se ao redor dos poros ou são carregados pelo vento. Estes sintomas são característicos do processo infeccioso e podem causar lesões em folhas, pecíolos, haste e promover a desfolha precoce (TRENTINI et al., 2017).

### **2.3 O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)**

Zoneamento é uma das alternativas mais eficazes quanto ao planejamento de cultivo para determinados ambientes e culturas de interesse econômico. Conforme aponta Silva e Santos (2011) o zoneamento possui diversas adjetivações, utilizado principalmente para definir zonas a partir de critérios pré-estabelecidos. Os resultados levantados a partir do zoneamento podem ser apresentados de diversas formas, tais como: mapas, tabelas e índices técnicos.

O zoneamento consiste na compartimentação de uma região em territórios, obtidas a partir de atributos que possuem maior importância. Cada zona delimitada possui alto grau de associação dos elementos que a compõe e ao mesmo tempo possui grandes diferenças com as zonas vizinhas (FREITAS et al., 2014).

Este método desenvolvido pela Embrapa tem como principal intuito orientar produtores rurais sobre os períodos mais indicados para plantio de acordo com a cultura e o município de interesse. Sendo assim, se propõe a apoiar a formulação, ao aperfeiçoamento e a operacionalidade de programas e políticas públicas de gestão (SANTOS; MARTINS, 2018).

De acordo com o Governo Federal, por intermédio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em nota oficial datada de 31/01/2017 “O Zoneamento Agrícola é apontado como um dos instrumentos de política agrícola e gestão de risco na agricultura. E constitui-se como um estudo que se objetiva primordialmente a minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos e permite que determinado município identifique qual é a melhor época para plantio das culturas, nos mais diferentes tipos de solos e ciclos cultivares” (BRASIL, 2021).

O risco é um ponto chave quando falamos de agricultura, pois se torna geralmente necessário um bom nível tecnológico, para produção de alimentos além de destacar a importância do setor agrícola para a economia brasileira quando comparadas as atividades econômicas modernas, a atividade agropecuária é a que está sujeita aos maiores riscos de perdas e oscilações nos volumes produzidos, com impactos negativos para toda a

sociedade (ASSAD et al., 2008).

Nesse sentido, o ZARC é colocado como uma das técnicas de mais fácil entendimento e adoção pelos produtores rurais, agentes financeiros e demais usuários para o cultivo de diferentes culturas. Sendo validada pela Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e adotada pelo Ministério da Agricultura. Estabelece os parâmetros de clima e solos, para quantificar riscos climáticos envolvidos na condução das lavouras que podem ocasionar perdas na produção (HEIL; JOSSEN, 2021).

Dada à importância da soja que faz com que diversos estudos se formem em torno do cultivo desta cultura. É através dessa necessidade que a cultura foi inserida junto ao ZARC. O Zoneamento de Risco Climático para o cultivo da soja possibilita uma série de estudos sobre o plantio, sobre os fatores de riscos e doenças como: Ferrugem asiática, podridão radicular de fitóftora e Antracnose, dentre outras que podem degradar o plantio dessa cultura (MACIEL et al., 2009).

Essa praticidade é resultado de um estudo acerca dos municípios que indica os plantios de determinadas culturas, os baixos ou altos riscos, elaborando um calendário com as respectivas datas de plantio para cada cultura por localidade. Este estudo é revisado anualmente e publicado como portaria no website do Diário Oficial da União e no site do Ministério da Agricultura. Conforme dados levantados pelo site do Ministério da Agricultura, os estudos de zoneamento já são estabelecidos para 40 culturas, sendo: 15 de ciclo anual e 24 permanentes atingindo 24 Unidades da Federação (WOLLMANN; GALVANI, 2013).

## **2.4 Zoneamento Climático no Estado do Maranhão**

O Maranhão está situado em uma área de transição entre a região nordeste e a região amazônica., encontrando-se na posição localizada entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Onde desta forma, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas características dessas áreas, fisiograficamente, o Maranhão apresenta sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. O clima semiúmido abrange grande porção do território maranhense onde os solos apresentam uma grande variedade (SILVA et al., 2016).

O estado do Maranhão apresenta predominantemente clima tropical e temperaturas médias anuais com níveis superiores a 26 °C, seus índices pluviométricos anuais que variam desde aproximadamente 700 mm na região central a superiores a 2200 mm na região norte (NuGeo UEMA, 2016).

Um dos grandes fatores condicionantes do clima no estado do Maranhão é a sua posição geográfica, pois o mesmo está situado em uma zona de transição que recebe influências do complexo amazônico, ao norte e noroeste, favorecendo assim a tendência do clima a apresentar características equatoriais (quente e úmido); e outra na região semiárida do Nordeste dando ao estado características peculiares. Sua 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 (NASCIMENTO et al., 2017).

No que se refere a ferrugem asiática a chuva tende a amplificar o período de molhamento necessário para que ocorram assim o desenvolvimento de novas infecções, alguns modelos empíricos foram desenvolvidos na China, considerando algumas taxas variáveis de chuva durante meses fixos nas safras, para assim conseguir estabelecer os níveis finais de severidade da doença, observando-se os dados de epidemias que ocorreram em um intervalo de tempo durante mais de 10 anos. Em um levantamento realizado no Brasil, observou-se que ocorre uma forte associação entre os níveis finais de severidade da ferrugem e o número de dias chuvosos juntamente com quantidade de chuva (mm) em um período de 30 dias após o surgimento inicial da doença, dados estes obtidos através do monitoramento de 35 epidemias que ocorreram durante três anos, em diferentes regiões produtoras (DEL PONTE, 2005).

A ocorrência completa da infecção do patógeno depende da sequência de eventos que são determinados através da germinação de esporos, formação de apressório e penetração. Todos estes eventos e conseqüentemente a colonização e esporulação são influenciadas por fatores bióticos (interação entre patógeno-hospedeiro) e fatores abióticos do ambiente. Entre os fatores abióticos, a temperatura e o molhamento foliar exercem papel fundamental, principalmente nos processos monocíclicos de germinação e de infecção de *P. pachyrhizi* em soja (ALVES et al., 2007).

## 2.5 Nota técnica do Zoneamento de Risco Climático da soja

No mês de maio de 2021, foram publicadas no Diário Oficial da União, pelo Ministério da Agricultura, Pecuário e abastecimento, as portarias nº 110 a 125 com notas técnicas sobre o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para a safra de soja nos anos de 2021/2022: “Temos um total de 15 estados que são contemplados pelas portarias, dentre elas temos: Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Piauí, Acre, Pará, Rondônia, Tocantins, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Neste ZARC fica o destaque para os elementos climáticos que apresentam grande influência na produção da soja *G. Max* que são a precipitação pluvial, temperatura do ar e fotoperíodo. A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da cultura: germinação/emergência e floração/enchimento de grãos. Déficit hídricos expressivos, durante a floração/enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento dos estômatos e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, em redução do rendimento de grãos” (BRASIL, 2021).

Brasil (2021) ainda destaca que, “A adaptação da soja tende a ser melhor em temperaturas do ar que estejam no intervalo de 20°C e 30°C, a sua temperatura ideal para um pleno crescimento e desenvolvimento está em torno de 30°C, sua faixa de temperatura do

solo pertinente para semeadura fica variável entre 20°C e 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme. O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 10°C. Temperaturas acima de 40°C têm efeito adverso na taxa de crescimento. A floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima de 13°C. A floração precoce ocorre, principalmente, em decorrência de temperaturas mais altas, podendo acarretar diminuição na altura de planta”.

O zoneamento na cultura da soja pode combater diversos tipos de riscos para a produção, principalmente o fitossanitário causado pela ferrugem asiática da soja, uma vez que, o ZARC leva em conta recomendações de instituições de pesquisas e órgãos estaduais, orientando sobre medidas de manejo necessárias para uma boa safra. Sendo assim, os produtores de soja que se atentam as recomendações do ZARC correm menos riscos de perda da produção e podem ainda ser beneficiados por programas como: Programa de Garantia de Atividade Agropecuária (PROAGRO) e Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR).

Neste sentido, Melo et al. (2020), afirmam que o modelo de simulação agro meteorológico elaborado para o balanço hídrico, juntamente com às técnicas de geoprocessamento viabilizou a execução da obtenção de dados no tempo e no espaço, além de facilitar o entendimento da relações solo-clima-planta, permitindo assim a elaboração de um zoneamento agrícola de risco climático que recomende as épocas mais favoráveis para efetuar a semeadura da cultura da soja no bioma Cerrado. Desta forma, foi possível a identificação das zonas agrícolas de baixo risco climático, e estas estão localizadas na área central do bioma Cerrado e na área de transição entre os biomas do Cerrado e Amazônia; no entanto, áreas de médio e alto risco estão localizadas em sua grande maioria nas áreas de transição entre os biomas do Cerrado e da Caatinga, e entre o Cerrado e o Pantanal.

### 3 | CONCLUSÃO

Levando em consideração que a doença da ferrugem asiática apresenta um potencial danoso significativo a cultura de interesse econômico O zoneamento climático de risco apresenta-se como uma inovação perante as informações apresentadas sobre atividades agrícolas, tendo como principal intuito a contribuição no momento da tomada de decisão sobre possíveis manejos e técnicas a serem empregadas para cultura da soja.

### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. L.; LIMA, M. D. A.; OLIVEIRA, V. S.; COELHO, R. M. D.; RODRIGUE, M. D. C. P. Processo e aceitação sensorial de produto do tipo hambúrguer à base de soja (*Glycine max*) e atum (*Thunnus spp*). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 2, 2009.

ALVES, M. C.; POZZA, E. A.; FERREIRA, J. B., ARAÚJO, D. V. D., COSTA, J. D. C. D. B., DEUNER, C. C.; MACHADO, J. D. C. Intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] nas cultivares Conquista, Savana e Suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 239-244, 2007.

ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J. Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 246, p. 47 – 60, 2008.

BERUSKI, G. C.; GLEASON, M. L.; SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. Bleaf wetness duration estimation and its influence on a soybean rust warning system. **Australasian Plant Pathology**, v. 48, n. 4, p. 395-408, 2019.

BRASIL. **Zoneamento Agrícola**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 25 abr. 2022.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

CUNHA, G. R.; BARNI, N. A.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIRES, J. L. F. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 446-459, 2001a.

CUNHA, J. P. A. R. da; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 597-602, 2010.

DEL PONTE, E. M. Predicting regional soybean rust epidemics in Brazil and South Africa. **Phytopathology**, n. 95, p. 23. 2005.

ENGERS, L. B. D. **O Sistema de previsão para o manejo da ferrugem asiática em soja**. 2019. 60f. Dissertação mestrado – Pós-graduação em Ambiente e Tecnologia Sustentáveis, Universidade Federal da Fronteira do Sul, 2019.

FREITAS, L. E.; NEVES, S. M. A.; NEVES, R. J., CARVALHO, K. S. A.; KREITLOW, J. P.; DASSOLLER, T. F. Avaliação do Uso dos Solos nos Assentamentos do Município de Cáceres/MT. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2014.

FREITAS, M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

HEIL, T.; JOSSEN, A. Continuous approximation of the ZARC element with passive components. **Measurement Science and Technology**, v. 32, n. 10, p. 104011, 2021.

MACEDO, M. D.; ASSAD, E. D.; CÂMARA, G.; OLIVEIRA, J. C.; 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, n. 3, p. 581-587, 2001.

MACIEL, G. F.; AZEVEDO, P. V. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no estado do Tocantins. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 141-154, 2009.

MELO, A. C. A.; JÚNIOR, A. D. A. N., SILVA, F. A. M., de ABREU, L. M. Zoneamento de risco climático para cultivo da soja no Cerrado. **Nativa**, v. 8, n. 1, p. 26-36, 2020.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

NASCIMENTO, F. D. C. A. D.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, F. R. D. C. D. Análise estatística dos eventos secos e chuvosos de precipitação do Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 375-386, 2017.

NUGEO, Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão. **Laboratório de Meteorologia**. Disponível em: <[https://www.nugeo.uema.br/?page\\_id%20=%2081](https://www.nugeo.uema.br/?page_id%20=%2081)>. Acesso em: 10 out. 2022.

SANTOS, W. G.; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 73-94, 2018.

PERANSONI, A. D. C. M.; PEREIRA FILHO, W.; KRAMER, G. K.; ROSA, C. N. Condições meteorológicas associadas a ocorrência da ferrugem asiática da soja na fase assintomática. **Geoambiente On-line**, n. 37, p. 238-260, 2020.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; ZUFFO, A. M.; DE LIMA, L. B. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 190-196, 2012.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N., FEITOSA, F. E. C. S., SILVA, I. D. C., ARAÚJO, M. L. S. D., GUTERRES, C. E., NERES, R. L. Evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 330-336, 2016.

SILVA, J.; DOS SANTOS, R. F. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari**. 1 Ed. Campinas. Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 329p.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, 179-190, 2013.

TRENTINI, D., MÜHL, F. R., BALBINOT, M., FELDMANN, N. A., & RHODEN, A. C. Avaliação da Aplicação de Fungicidas no Controle da Ferrugem Asiática da Soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, v. 2, p. 30, 2017.