



APTIDÃO AGROCLIMÁTICA PARA A PRODUÇÃO DE MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA) NA MESORREGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

*Agroclimatic Aptitude for Cultivation of Cassava Crop
(Manihot Esculenta) in Northwest Mesoregion of Paraná
State, Brazil*

*Aptitud Agroclimática para la Producción de Yuca (Manihot
Esculenta) en la Mesoregión Noroeste del Estado de Paraná,
Brasil*

Nathan Felipe da Silva Caldana  


Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL
nathancaldana@gmail.com

Alan Carlos Martelócio  

Pós-Graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, Unicesumar
amartelocio@agronomo.eng.br

Luiz Gustavo Batista Ferreira  

Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa
luiz.gustavo@agronomo.eng.br

Ana Paula Ferreira Dominoni  

Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL
ana.dominoni@hotmail.com

Marcelo Augusto de Aguiar e Silva  

Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL
aguiaresilva@uel.br

Resumo: A mandioca é uma das culturas mais importantes nos países tropicais, devido a sua relativa tolerância a seca e clima adverso, além de ser uma importante base alimentar. A agricultura de sequeiro é extremamente dependente das condições atmosféricas, uma vez que, que das etapas e variáveis da produção, essa é a única que o produtor não pode controlar. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi identificar a aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca na Mesorregião

Noroeste Paranaense por meio do zoneamento de risco agroclimático, da variabilidade climática e das exigências fisiológicas do cultivar. Foram utilizados dados de 44 estações meteorológicas distribuídas pela mesorregião com recorte temporal de 1976 a 2019. O risco agroclimático para a mandioca foi avaliado por meio das variáveis: temperatura, chuva, déficit hídrico e geada. Foi identificada aptidão para o cultivo em toda a mesorregião, mostrando maior potencialidade perante o resto do Estado principalmente pelo solo arenoso e por ser mais quente. A precipitação se mostrou suficiente para o cultivo, o fator limitante para a produção durante todo o ano foram a ocorrência de temperaturas frias e geada. O plantio foi recomendado de setembro a dezembro, conforme a ocorrências de temperaturas a baixo de 10°C.

Palavras-chave: Agroclimatologia; Produção agrícola; Variabilidade; Temperatura; Zoneamento.

Abstract: Cassava is one of the most important crops in tropical countries, due to its relative tolerance to drought and adverse climate, in addition to being an important food base. Rainfed agriculture is extremely dependent on atmospheric conditions since, among the factors that influence production, this is the only one that the producer cannot control. Thus, the objective of this work was to identify the agroclimatic suitability for the cultivation of cassava in the Mesoregion Northwest of Parana state, Brazil, through the agroclimatic risk zoning based on the ecophysiological requirements of cassava. Data were from 44 meteorological stations distributed throughout the mesoregion, with a time frame from 1976 to 2019. The agroclimatic risk for cassava was evaluated through the variables: temperature, rain, water deficit and frost. Aptitude for cultivation was identified throughout the mesoregion, with greater potential in relation to the rest of the state, mainly due to its sandy soil and more suitable temperatures. Precipitation was sufficient for cultivation, and the limiting factors for production throughout the year were the occurrence of low temperatures and frost. Planting was recommended from September to December, depending on the occurrence of temperatures below 10°C.

Keywords: Agroclimatology. Agricultural production. Variability. Temperature; Zoning.

Resumen: La yuca es uno de los cultivos más importantes en los países tropicales, debido a su relativa tolerancia a la sequía y al clima adverso, además de ser una importante base alimentaria. La agricultura de secano es extremadamente dependiente de las condiciones atmosféricas ya que, entre los factores que influyen en la producción, este es el único que el productor no puede controlar. El propósito de este estudio fue identificar la aptitud agroclimática para el cultivo de yuca en la Mesorregión Noroeste del estado de Paraná, Brasil, considerando la zonificación de riesgo agroclimático, variabilidad climática y requerimientos fisiológicos de los cultivos. Se utilizaron datos de 44 estaciones meteorológicas repartidas por la Mesorregión, con un período de tiempo de 1976 a 2019. Se investigó el riesgo agroclimático de la yuca utilizando las variables: temperatura, lluvia, déficit hídrico y heladas. Se identificó aptitud para el cultivo, presentando un potencial agrícola significativo, en comparación con el resto del estado de Paraná, principalmente debido al suelo arenoso y más cálido. La precipitación resultó ser suficiente para el cultivo, el factor limitante para la producción durante todo el año fue la ocurrencia de temperaturas frías y heladas. Se recomendó la siembra de septiembre a diciembre, según la ocurrencia de temperaturas inferiores a 10 ° C.

Palabras clave: Agroclimatología; Producción de agricultura; Variabilidad; Temperatura; Zonificación.

Submetido em: 27/06/2021

Aceito para publicação em: 09/04/2022

Publicado em: 11/04/2022

1. INTRODUÇÃO

Durante o século passado e principalmente neste início de século XXI, as mudanças climáticas têm causado eventos atípicos em todo o mundo, como a ocorrência de temperaturas extremas, ondas de calor, eventos de secas, aumento no volume de precipitação diária, culminando assim, em riscos de calor ou frio extremo, severas tempestades e inundações (IPCC, 2013). Seus impactos sobre a sociedade e as atividades humanas são incertos e cada vez mais perceptivos, tornando-se um dos maiores desafios para a sociedade atual e para as gerações futuras (MEIRA et al., 2019; FÉLIX et al., 2020). A agricultura é extremamente dependente das condições atmosféricas, uma vez que, das etapas e variáveis da produção, essa é a única que o produtor não pode controlar (CARAMORI et al., 2008; AGOVINO et al., 2019; CALDANA et al., 2019). Dessa forma, estudos que evidenciem a relação solo-planta-atmosfera são fundamentais para a expansão desse segmento (FERREIRA et al., 2019; DA SILVA et al., 2020). Contribuindo assim, com o planejamento agrícola, tomada de decisão, com menores riscos e na busca por uma melhor qualidade e valor de mercado de sua produção.

Para maximizar a produtividade e reduzir os riscos, a aplicabilidade de estudos dos elementos agrometeorológicos vem sendo estudada em escala planetária, onde os zoneamentos de risco agroclimático vem abrindo campo para melhorar o manejo, tomada de decisão, planejamento agrícola e para subsidiar as políticas agrícolas (RICCE et al. 2013). Conhecendo as características e peculiaridades isoladas de cada clima e solo, darão auxílio na escolha da cultura e nas tomadas de decisão, na busca por maiores rendas e menores perdas. Dentre as informações agrometeorológicas empregadas no planejamento agrícola, o zoneamento agroclimático é a mais conhecida. Estudos que identifiquem o risco climático para agricultura são fundamentais, uma vez que eventos de geada, neve, calor extremo, seca, chuva em excesso, vendaval e granizo podem trazer grandes prejuízos ao desenvolvimento fenológico de diversas culturas (MEZHER et al., 2012; RICCE et al., 2013; MORAIS e CARBONIERI, 2015; MARTINS et al., 2017; CALDANA et al., 2020).

A mandioca (*manihot esculenta*) é uma planta heliófila, perene, arbustiva, pertencente à família das euforbiáceas. O cultivar apresenta relativa tolerância à seca e possui ampla adaptação às mais variadas condições de clima e solo. Atualmente, a mandioca é cultivada em muitos países compreendidos por uma extensa faixa do globo terrestre, que

vai de 30° de latitude norte a sul (MATTOS et al., 2004). Na maioria dos países das Américas, a mandioca é consumida principalmente sob a forma fresca, com exceção do Brasil, que tem na farinha de mesa seu principal derivado. A parte mais importante da planta é a raiz tuberosa, rica em amido, utilizada na alimentação humana e animal ou como matéria-prima para diversas indústrias (OTSUBO et al., 2002). O amido representa uma grande fonte de carboidratos. É utilizado em todos os países e seu consumo aumenta com o grau de desenvolvimento. Em classificação é o sexto principal produto alimentar da humanidade, ganhando ainda mais importância no cenário de segurança alimentar (LORENZI et al., 1996; OTSUBO et al., 2002).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar a aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca na Mesorregião Noroeste Paranaense (MRNPR) por meio do zoneamento de risco agroclimático, da variabilidade climática e das exigências fisiológicas da cultivar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

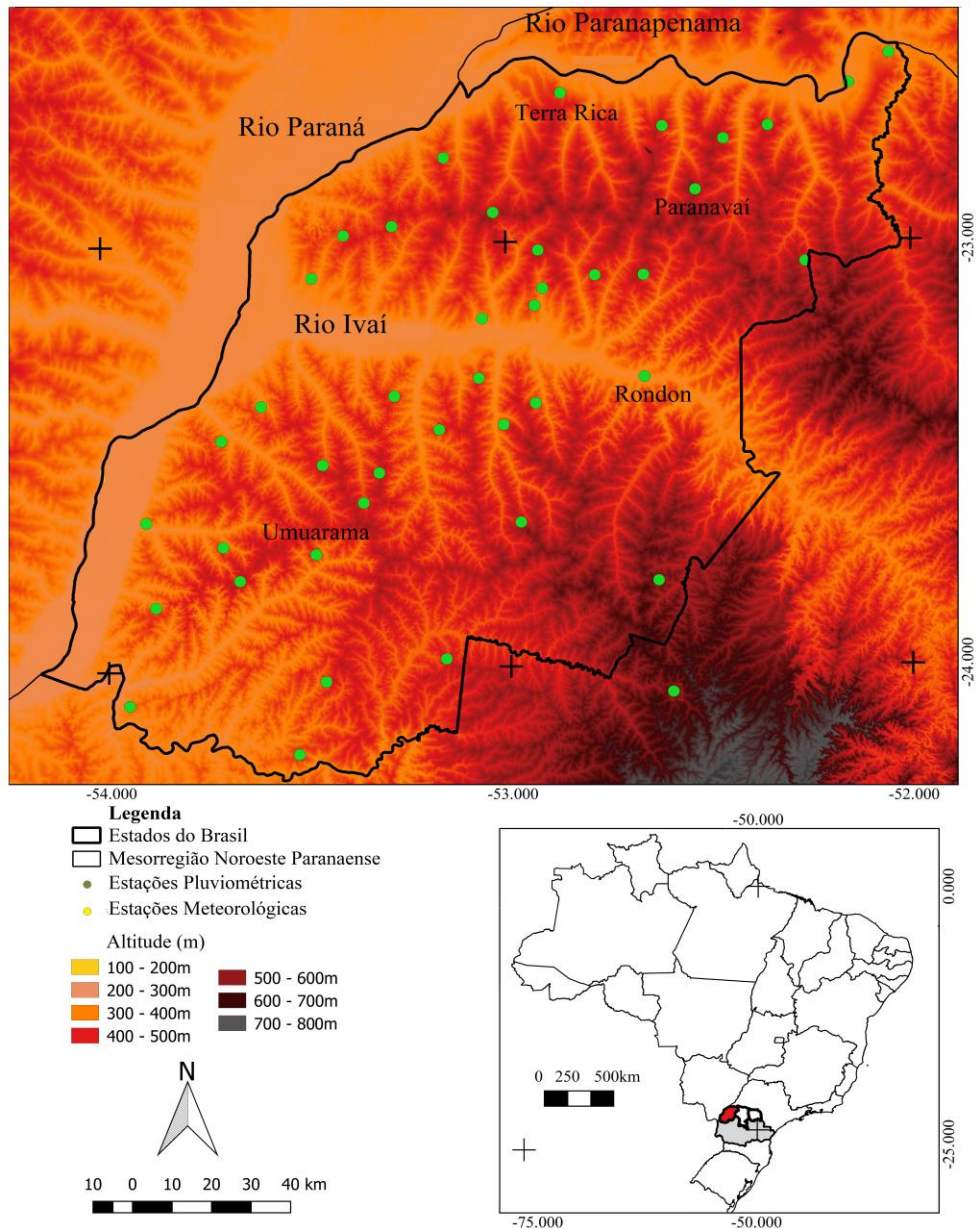
2.1. Área de estudo

A mesorregião (Figura 01) conta com aproximadamente 700 mil habitantes (IBGE, 2019). Possui uma importante área de produção agrícola (DE LIMA et al., 2006), demonstrando a importância de estudos das variáveis meteorológicas. A região possui toda extensão de sua área com clima “cfa” (subtropical, sem estação seca e verão quente), é também a mais quente e com menores volumes pluviométricos anuais do estado do Paraná (NITSCHKE et al., 2019). O solo da MRNPR é predominantemente arenoso (BHERING et al., 2007).

Para os parâmetros de risco climático foram levantados dados de estações meteorológicas e pluviométricas distribuídas ao longo de toda a MRNCP e nas proximidades (Figura 02). Esta base de dados compreende ao todo 44 estações. Destas, 7 têm funções meteorológicas, e são do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR 1976-2019), 10 estações meteorológicas do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR 1999-2019) e 27 estações pluviométricas do Instituto das Águas Paraná (1976-2019). O intervalo de dados usados para as análises partiu do ano de 1976, quando muitas das estações começaram a operar, indo

até o ano de 2019. Ressalta-se, que pelo número de estações usadas, houve períodos distintos de operações entre elas.

Figura 1 - Estações meteorológicas, postos pluviométricos e o relevo da Mesorregião Norte Central do Paraná.



Fonte: Topodata (2020). org: autores (2020).

2.2. Análise Estatística

A planta de mandioca, por ser origem tropical, prefere climas quentes para o seu desenvolvimento e crescimento. Ela atinge o desenvolvimento satisfatório quando a temperatura média for superior a 24°C, exigindo temperaturas relativamente altas. Porém, é

seriamente reduzido quando as temperaturas forem menores que 10°C, paralisando o crescimento e provocando consequências danosas ao rendimento produtivo por planta. Estas condições climáticas explicam a razão pela qual as maiores áreas cultivadas com mandioca se localizam em regiões quentes do país, não tolerando geadas ou temperaturas extremamente frias (MATOS et al., 2006).

Dessa forma, foi estimado o período livre de temperaturas baixas (inferiores a 10°C) para identificar o melhor período para cultivar a mandioca na região. O método consiste em identificar a ocorrência de temperaturas inferiores a 10°C analisando-se a série de dados de cada estação, sempre que a temperatura de um dia era inferior ou igual a uma dessas temperaturas é associado o valor “1” e em caso contrário foi atribuído o valor “0”. Em seguida foram calculadas as probabilidades de ocorrer pelo menos uma temperatura abaixo de 10°C por decêndio (WREGGE et al., 2005).

Adotando-se este procedimento, se dentro de um dado decêndio houvesse uma ou mais temperaturas inferiores ao valor crítico, aquele decêndio era computado como “1”, independentemente do número de vezes nos quais a temperatura ocorreu, caso contrário, era computado “0”. Com base nas sequências de “0” e “1” de toda a série histórica de cada estação, calculou-se a frequência acumulada de temperaturas baixas ao longo do ano para cada estação. A data em que se acumulou 5% de probabilidade em cada uma das estações foi assumida como a primeira temperatura crítica de outono, contando-se do início para o final do ano. A última temperatura crítica da primavera também foi determinada para uma frequência acumulada de 5% de probabilidade, mas realizando-se os cálculos partindo-se do final para o início do ano (WREGGE et al., 2005). O período entre a primeira e a última temperatura crítica do ano foi classificado como inapto para o cultivo da mandioca, se esse período foi inferior ao ciclo da cultura a localidade foi classificada como inapta para cultivo.

Quanto ao regime pluviométrico, a cultura produz bem em regiões/locais com média anual de 750 a 1000 mm de chuva. Durante a fase de crescimento, a cultura exige cerca de 500 a 600 mm (OTSUBO et al., 2002; MATTOS et al., 2006).

2.3. Aptidão Agroclimática

Com base nas exigências, foram estimados os fatores de risco selecionados para o zoneamento de risco climático. Abaixo por ordem de exigência e importância para o

desenvolvimento, e com base nas características da MRNPR, foram os seguintes:

Precipitação anual: foram usados dados de 27 estações pluviométricas espalhadas pela MRNCP. Foram usados dados a partir de 1976 até 2018 das séries anuais e mensais. Os resultados obtidos foram interpolados em um sistema de informação geográfica para a geração do mapa da chuva com a regionalização dos dados por meio do IDW e o risco foi avaliado por meio de média móvel agrupada por semestre, conforme o ciclo da cultura mencionado. Foi considerado: Alto Risco: precipitação anual inferior a 1.000 mm e como baixo risco superior a 1.000 mm e para o ciclo foi considerado precipitação inferior a 500mm por 6 meses (OTSUBO et al., 2002; MATOS et al., 2006)

Temperatura média anual (Ta): foram utilizados dados meteorológicos das séries históricas de temperaturas médias observadas no interior de abrigos meteorológicos para estimar a temperatura média anual. Por meio do valor a Ta foi ajustada uma regressão com em função da latitude, longitude e altitude para toda a MRNCP. Foram definidas as seguintes classes de risco para a Ta: Alto Risco: inferior a 20°C ou superior a 27°C; Baixo Risco: entre 20 e 27°C (OTSUBO et al., 2002; MATOS et al., 2006)

Risco de geadas: foram utilizados dados meteorológicos de temperatura mínima das séries históricas de 10 estações. Considerou-se como crítica as temperaturas mínimas de 2°C, observadas no interior do abrigo meteorológico para calcular os riscos de geadas. Foram calculadas as probabilidades de ocorrência anual e correlacionadas com altitude e latitude, obtendo-se uma equação de regressão para o risco de geadas. Utilizando as regressões ajustadas foi estimado como alto risco valores superior a 20% (OTSUBO et al., 2002; MATTOS et al., 2006)

Para caracterizar a variabilidade pluviométrica e detecção de extremos, foram utilizados os gráficos de Box Plot ou diagrama de caixa. Os gráficos foram criados por meio do software Statistica®. Os box plots representam cinco classificações de valores. Os outliers são divididos em discrepantes (valores acima do considerado máximo, mas que não são extremos) e extremos, sendo considerados quaisquer valores superiores a $Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$ ou inferior a $Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$. Os máximos e mínimos são considerados os maiores valores da série, mas que não são extremos ou discrepantes. Dentro da caixa são classificados três quartis com 25% dos dados cada, além do valor da mediana, equivalente ao segundo quartil, ou 50% dos dados (LEM et al., 2013; SCHNEIDER e DA SILVA, 2014). Para

a análise por meio de Box plot foram utilizados dados das estações de Paranavaí, Rondon, Terra Rica e Umuarama (Figura 01), levando-se como parâmetro os valores pluviométricos discrepantes da região.

Para as análises de precipitação, foram utilizados apenas dados de estações pluviométricas, uma vez que estas possuem longas séries de dados (1976-2019). A espacialização desses dados foi realizada por meio de interpolação, que é um método eficaz para visualização espacial de dados climáticos. Isso foi feito por meio do preenchimento isoietas e/ou espacialização dos valores ajustados pela estatística de regressão e utilizando o algoritmo de interpolação espacial IDW (MUELER, 2004; LEM et al., 2013). Os mapas foram criados com auxílio do software Qgis.

Os dados pontuais das estações pluviométricas foram inseridos no software Qgis e transformados em um arquivo raster, com auxílio do interpolador IDW. Este novo arquivo apresenta uma superfície regular ajustada a esses dados de ponto de interesse, com pixel de resolução espacial de 1 km por 1 km. Posteriormente, foram inseridas isoietas e seus valores para melhor visualização de áreas com precipitações e/ou insolações semelhantes e para regionalizá-las. Também avaliamos a distribuição das precipitações anuais usando uma estação meteorológica por região.

A base *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*, com resolução de 30 m, foi utilizada para corrigir a influência da topografia na temperatura. Este método é necessário para espacializar e regionalizar dados para áreas que não possuem dados de temperatura com alta cobertura espacial.

Equações de regressão linear múltipla foram aplicadas para a espacialização dos dados de temperatura média e geada medidos nas estações meteorológicas. As equações são dadas por: $y = a + b.lat + c.long + d.alt$, onde a, b, c, d são coeficientes de regressão e lat, long e alt representam a latitude, longitude e altitude, respectivamente. Esta fórmula matemática foi aplicada no software de geoprocessamento Arcgis sobre o arquivo SRTM para gerar mapas com resolução espacial de 30 m.

O método utilizado para a probabilidade de geada foi baseado na série histórica de temperaturas mínimas registradas dentro do abrigo meteorológico. Foram determinadas as probabilidades de valores iguais ou inferiores a 1,0°C e também ajustou-se à equação 1

$$(1) y = a + x.lat + y.long + z.alt.$$

O Balanço Hídrico Climatológico foi obtido através dos métodos de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando a equação com os valores de diversas variáveis meteorológicas e a capacidade de água disponível no solo proporcional à profundidade efetiva das raízes das espécies analisadas. Foram considerados os dados de precipitação média mensal (extraídos dos totais mensais de cada ano) e a temperatura média mensal (extraídas das médias mensais dos valores diários de cada ano). Em seguida, foi calculada a evapotranspiração potencial (PET), segundo o método de Thornthwaite. Primeiramente, a evapotranspiração potencial padrão (PET, mm/mês) foi calculada através da fórmula empírica:

$$(2) \text{ For: } 0 < T_n < 26.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$(3) \text{ PET} = 16 \left(10 \frac{T_n}{I} \right)^a$$

$$(4) \text{ For: } T_n \geq 26.5 \text{ } ^\circ\text{C} T_n^2$$

$$(5) \text{ PET} = -415.85 + 32.24 T_n - 43.0 T_n^2$$

Onde: T_n - temperatura média do mês n ($n = 1$ é janeiro, $n = 2$ é fevereiro, etc), em $^\circ\text{C}$; e I é um índice que expressa o nível de calor da região. O valor de I depende do ciclo anual de temperatura, integrando o efeito térmico de cada mês, sendo calculado pela fórmula:

$$(6) I = 12(0,2 T_a)^{1,514}$$

O expoente “a”, sendo uma função de I , também é um índice térmico regional, e é calculado pela expressão:

$$(7) a = 0,49239 + 1,7912 \times 10^{-2} I - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 6,75 \times 10^{-7} I^3$$

O valor do PET representa a evapotranspiração total mensal que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12 horas de fotoperíodo (N). Portanto, o PET deve ser corrigido para N e o número de dias do período.

$$(8) \text{ COR} = \left(\frac{N}{12} \right) \left(\frac{NDP}{31} \right)$$

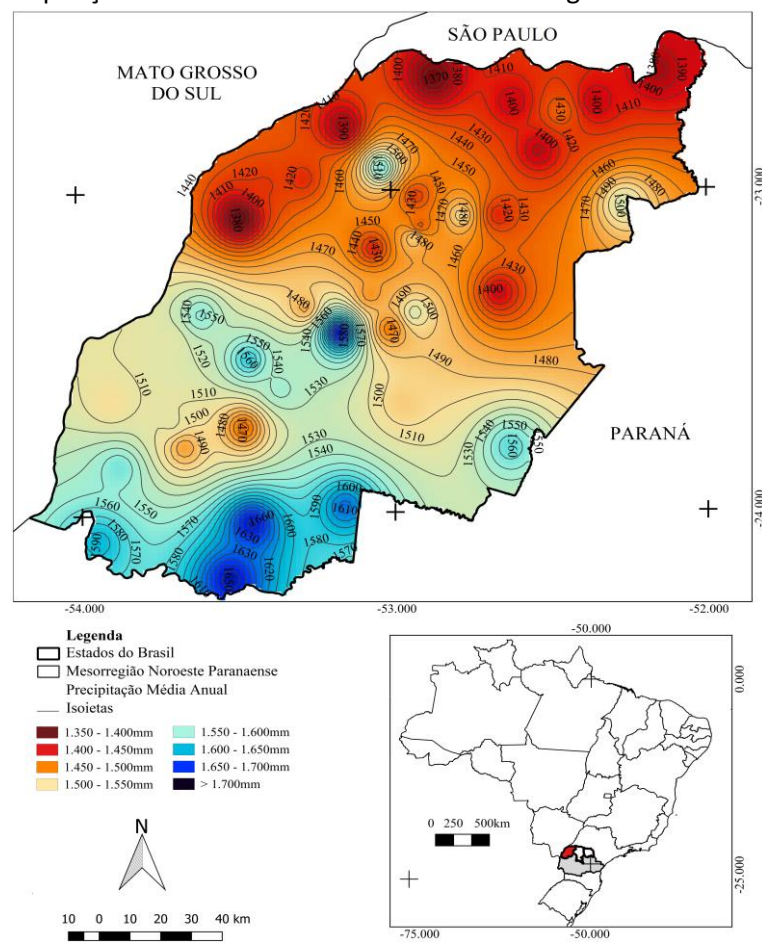
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A MRNPR apresenta discrepâncias na precipitação média anual em quase toda a sua extensão (Figura 02). A porção Sul apresenta as maiores alturas, com concentração de

chuvas anuais de até 1.650 mm. Na outra extremidade da área analisada, a região Norte, próximo a calha do Rio Paraná, concentrou as menores precipitações, chegando a 1.370 mm, próximo ao município de Terra Rica.

Essas diferenças no regime pluviométrico anual da mesorregião coincidem com as oscilações do relevo (Figura 01). As maiores concentrações de chuvas estão localizadas em condições de maiores altitudes. A porção centro-leste, com altitude superior aos 700m registrou as precipitações, oscilando de 1.600 a 1.650 mm.

Figura 2 - Precipitação acumulada média anual da Mesorregião Norte Central do Paraná



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

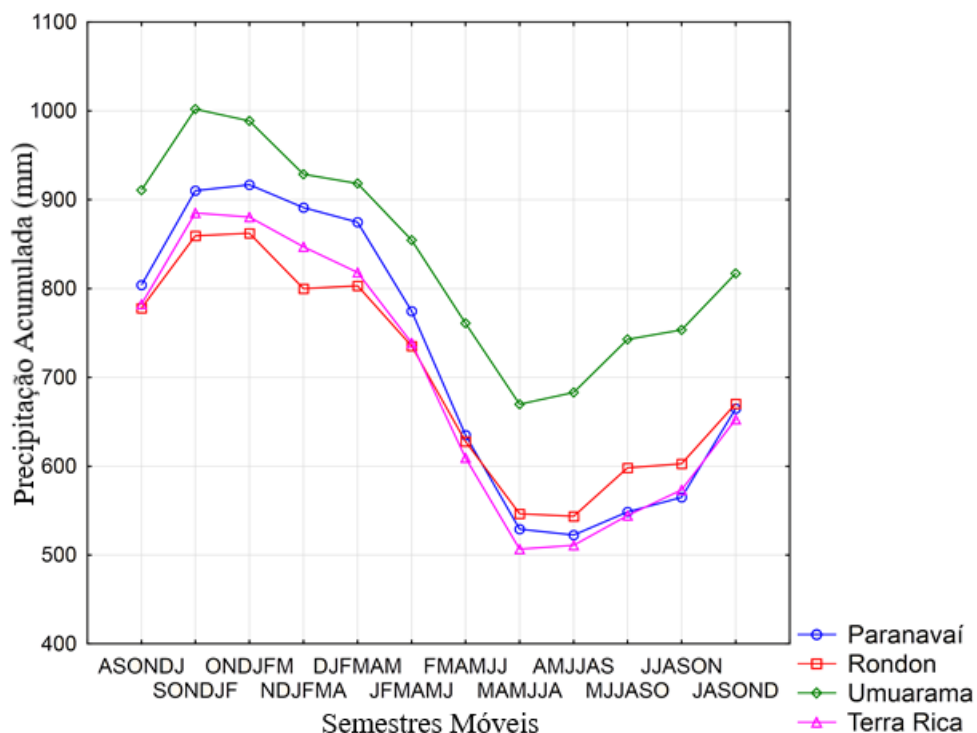
Visto que a precipitação pluvial é um dos fatores de maior importância para o cultivo da mandioca, por tratar-se de lavoura cultivada quase que exclusivamente sem irrigação. O regime de chuvas, considerado mais adequado, é a ocorrência de um total anual de pelo menos 1.000 mm, com boa distribuição durante 6 a 8 meses do ciclo vegetativo. Conforme

identificado, por essa variável meteorológica, na média, nenhuma estação apresentou risco para a produção, com menor média anual de 1.370 mm.

Já para a precipitação pluviométrica acumulada mensal separou-se por semestres móveis para indicar qual a melhor época de cultivo com base no regime pluviométrico exigido pela cultura durante o seu ciclo. A mandioca possui ciclo relativamente curto, produzindo satisfatoriamente até os 180 dias após o plantio (OTSUBO et al., 2002; MATOS et al., 2006).

O passo 01 foi a partir de agosto a janeiro, finalizando de julho a dezembro (Figura 03). Foi possível identificar que nenhum semestre, pela precipitação média, apresentou inaptidão. O menor cenário foi identificado em Terra Rica, de março a agosto, com precipitação média de 506 mm. Em todas as estações analisadas, esse semestre foi o mais próximo de apresentar risco na região.

Figura 3 - Precipitação pluviométrica média por semestres móveis da Mesorregião Norte Central do Paraná



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

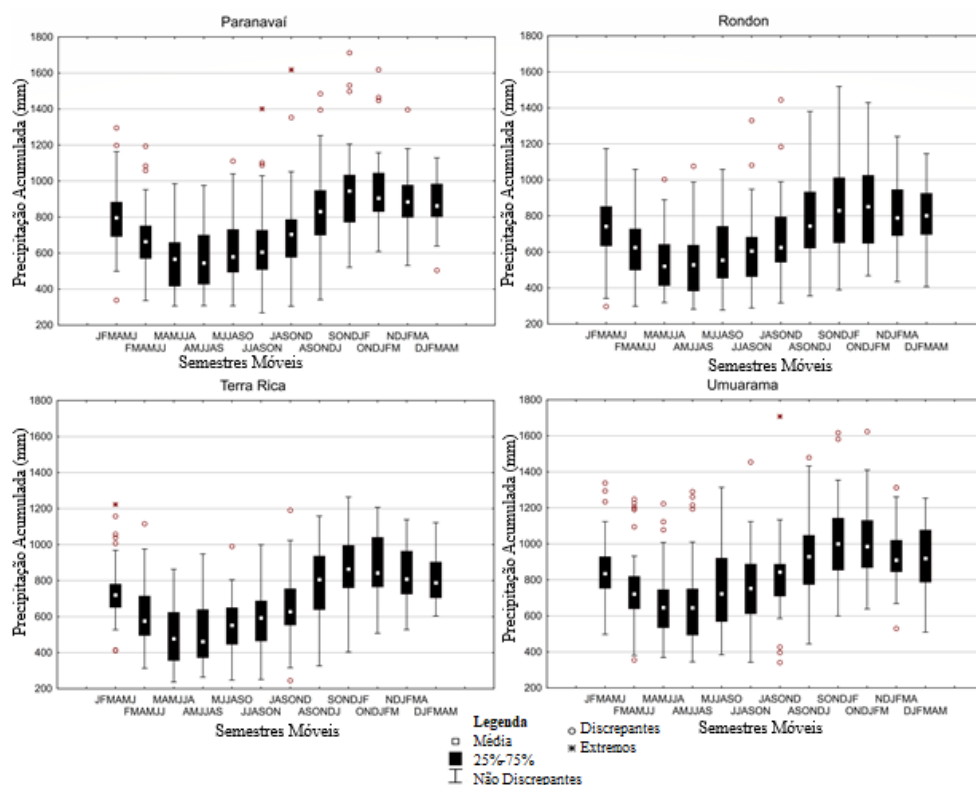
As menores alturas pluviométricas foram identificadas em duas estações, nos seis primeiros semestres móveis analisados os menores registros foram em Rondon, nos seis seguintes foram em Terra Rica, enquanto as maiores foram todas em Umuarama. Por meio

desse risco, o semestre mais favorável para o plantio foi de setembro a fevereiro, com média variando de 870 a 988 mm.

Porém, como identificado por Mattos et al., (2006), a produção de mandioca pode ser realizada mesmo em regiões semiáridas no Brasil, que apresentam precipitação anual de 500 a 700 mm durante o ano, porém, nesses casos, o autor destaca que deve-se procurar o uso de variedades de mandioca, melhoradas ou selecionadas para essas regiões, bem como adequar o plantio para o semestre mais chuvoso, conforme recomendação por meio de zoneamentos.

Para um melhor aprofundamento da chuva no ciclo da cultura, analisou-se a variabilidade anual por meio dos box plot (Figura 04). As estações analisadas apresentaram grande variabilidade pelos semestres móveis, demonstrando assim, a importância de se planejar para a época de semeadura e manejo da cultura trabalhada na região. Em Umuarama, por exemplo, no semestre de julho a dezembro houve variação de 322 a 1.780mm na variação anual.

Figura 4 - Variabilidade da precipitação pluviométrica por semestres móveis da Mesorregião Noroeste do Paraná



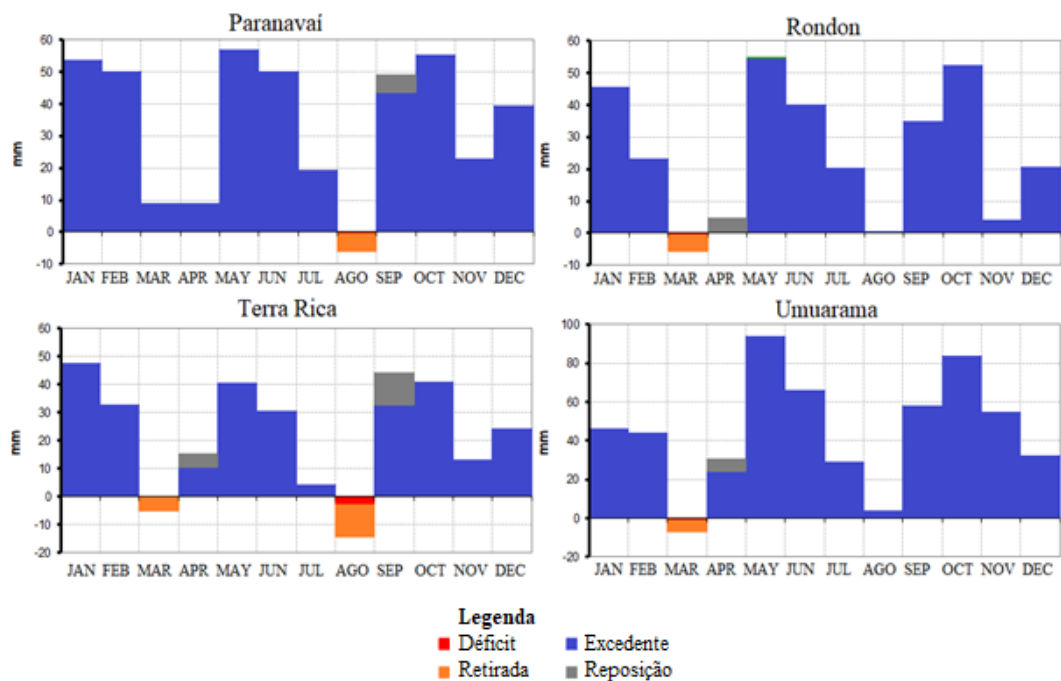
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Diferente das médias, alguns semestres apresentaram a mediana inferior a 500 mm, sendo o vaor tolerável para uma boa produção de mandioca na região. Em Terra Rica, os semestres de abril-setembro e maio-outubro, apresentaram mais 50% dos anos com precipitação insuficiente, inviabilizando o plantio nesses semestres.

Ocorrências de precipitação inferiores a 500 mm ocorreram em boa parte dos semestres e em todas as estações, mesmo em Umuarama, que apresentou as maiores alturas pluviométricas médias, o único semestre a não apresentar ocorrências em nenhum dos 44 anos analisados foi o outubro-março, enquanto o de setembro-fevereiro apresentou apenas na estação de Terra Rica.

A deficiência de água evidenciada por meio do balanço hídrico (Figura 05) além de provocar grandes reduções na produção de raízes, em algumas situações a deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo da mandioca pode causar até a morte das plantas, demonstrando ser fundamental a análise deste risco antes de realizar o plantio da cultura em qualquer parte do globo. Cabe-se destacar ainda, que como mencionado, o solo da região é arenoso, uma das poucas áreas do Estado do Paraná, com esse tipo de solo (BHERING et al., 2007), sendo o solo recomendado para o cultivo de mandioca.

Figura 5 - Balanço hídrico climatológico para a cultura da mandioca na Mesorregião Noroeste do Paraná



Fonte:

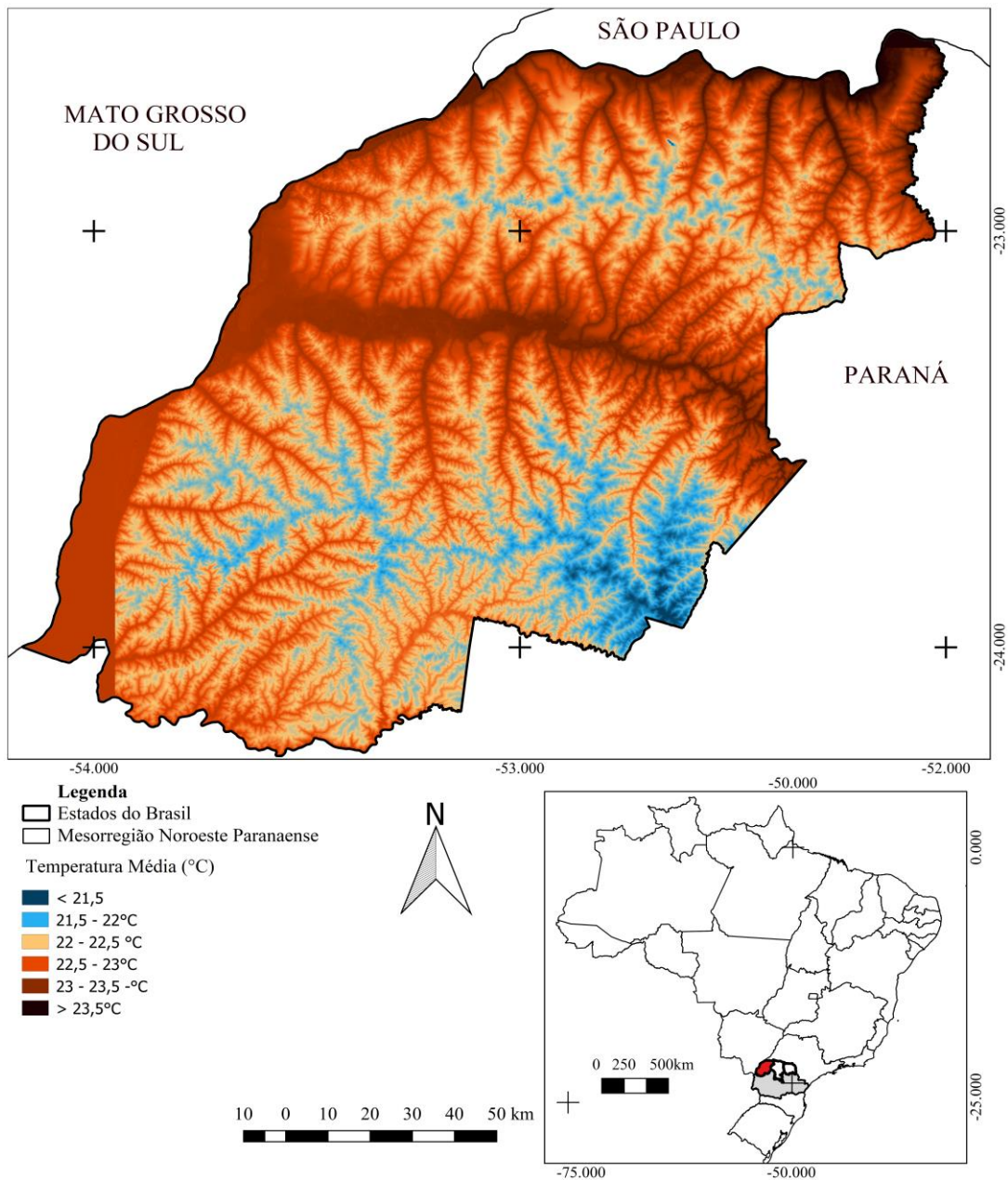
Elaborado pelos autores (2020).

Sendo o risco de déficit de 100 mm anuais, nenhuma estação apresentou risco pelos valores médios, os únicos meses a apresentarem pequenos valores de retirada e déficit foram março e agosto, porém já repostos no mês seguinte. Mais uma vez, o semestre de setembro-fevereiro e outubro-março foram os que se mostraram mais propícios para o plantio de mandioca na região, demonstrando não haver risco por mais essa variável.

A temperatura figura como um dos elementos mais importantes e restritivos para a cultura da mandioca. A faixa de temperatura ideal para o cultivo da mandioca situa-se entre os limites de 20°C e 27°C (média anual), enquanto a temperatura ótima diária se encontra em torno de 24°C e 25°C. A Mesorregião apresenta muitas variações da temperatura anual ao longo do seu território.

Identificou-se pela média que toda a região apresentou boa perspectiva para a produção de mandioca (Figura 6), observando-se temperaturas dentro da faixa ideal para o cultivo da mandioca pela média anual. As menores temperaturas observadas foram nas áreas de maiores altitudes, localizadas no extremo sudeste da região, apresentando temperaturas médias entre 21 e 21,5°C. Enquanto os maiores registros foram identificados próximo a calha do Rio Paraná, com valores superiores a 23,5°C.

Figura 6 - Temperatura média anual na Mesorregião Noroeste do Paraná



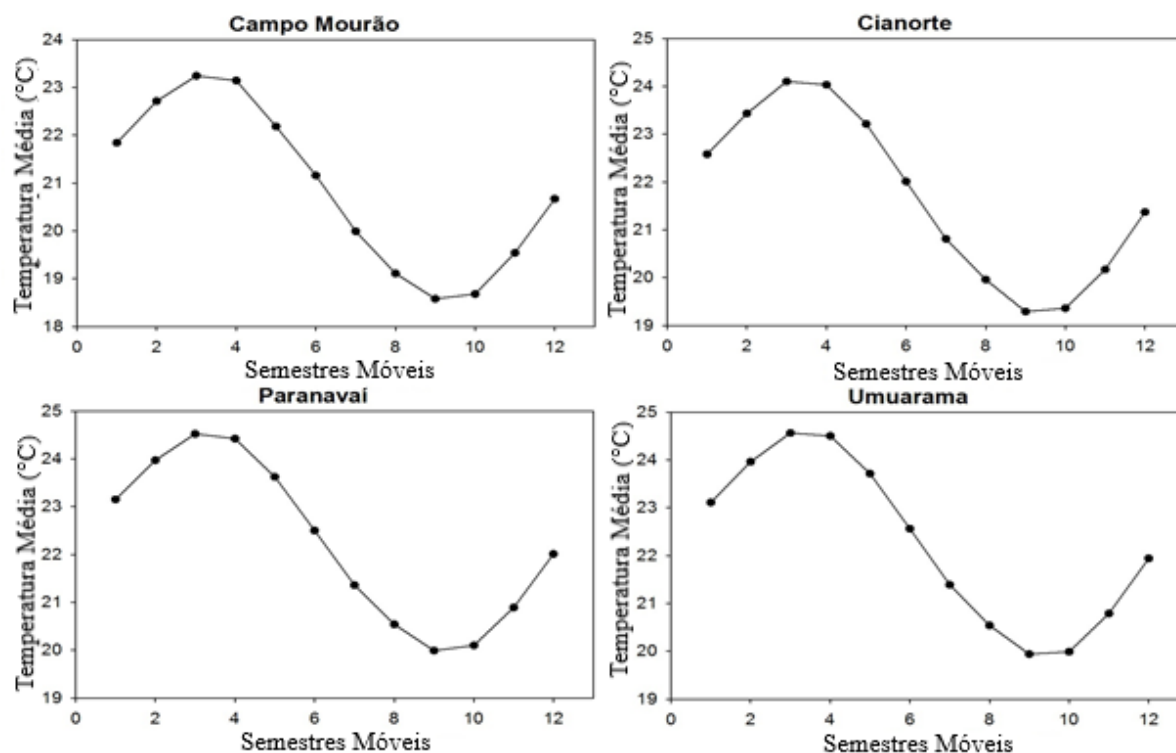
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Cabe-se destacar, que a Mesorregião Noroeste Paranaense é a área mais quente do Estado do Paraná (NITSCHKE et al., 2019), apresentando assim, mais um aspecto com vantagem em relação as demais áreas do Paraná.

As temperaturas médias mensais foram agrupadas em semestres móveis para estabelecer quais as melhores épocas de cultivo para a Mesorregião Noroeste (Figura 06). Observa-se que, em todos os semestres e estações, as temperaturas tiveram oscilações similares. O Semestre Móvel 9 (AMJJAS) que compreende os meses de abril a setembro apresentaram o mesmo comportamento em todas as estações analisadas, mostrando-se não

apto para a implantação da cultura nas regiões analisadas. As temperaturas ficaram muito abaixo do recomendado, ficando próxima a casa dos 19,8°C.

Figura 7 - Temperatura Média Mensal agrupada em semestres móveis na Mesorregião Norte Central do Paraná



Legenda: Semestres Móveis

- 1 - ASONDJ 4 - NDJFMA 7 - FMAMJJ 10 - MJJASO
- 2 - SONDJF 5 - DJFMAM 8 - MAMJJA 11 - JJASON
- 3 - ONDJFM 6 - JFMAMJ 9 - AMJJAS 12 - JASOND

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

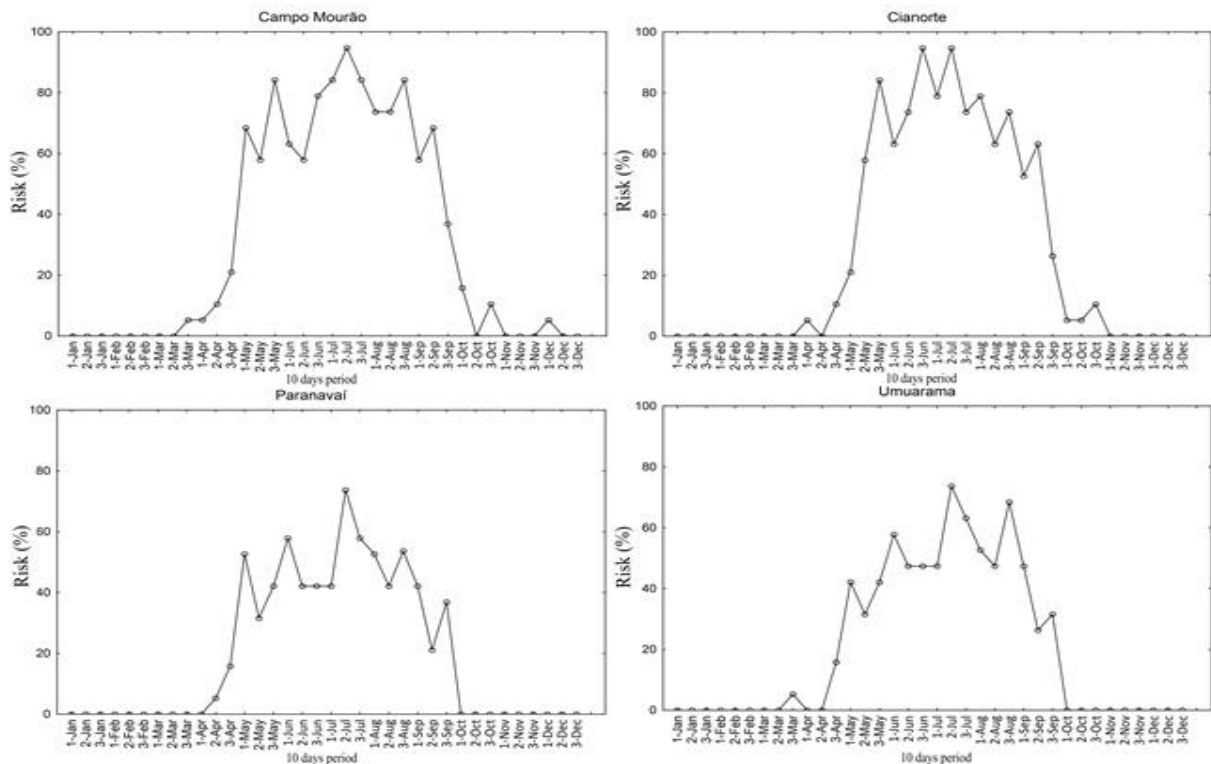
The Campo Mourão apresentou inaptidão em cinco semestres móveis (7, 8, 9, 10 e 11) com temperaturas inferiores a 20°C, sendo todos os semestres que pegam total ou parcialmente as estações de outono e inverno, restando a aptidão para a primavera e verão nas áreas mais frias da região.

Porém, por ser uma espécie rústica e resistente (MATTOS et al., 2006), se não condicionada a temperaturas inferiores a 10°C, mesmo sob a temperatura média inferior ao recomendado, a espécie ainda pode ser rentável nessas áreas e nesses períodos, porém com ciclo prolongado, podendo se estender por oito meses.

Como mencionado, a espécie condicionada a uma temperatura média mensal em torno de 15°C, a planta de mandioca paralisa sua atividade vegetativa, entrando em fase de

repouso, quando, geralmente, perde as folhas e prolonga seu ciclo, e quando a espécie fica em temperaturas a baixo 10°C diariamente inviabiliza-se a produção, dessa forma, torna-se necessário avaliar a frequência de ocorrências dessas temperaturas (Figura 8).

Figura 8 - Risco de ocorrer temperaturas baixas (<10°C) por decêndio na Mesorregião Norte Central (PR)



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

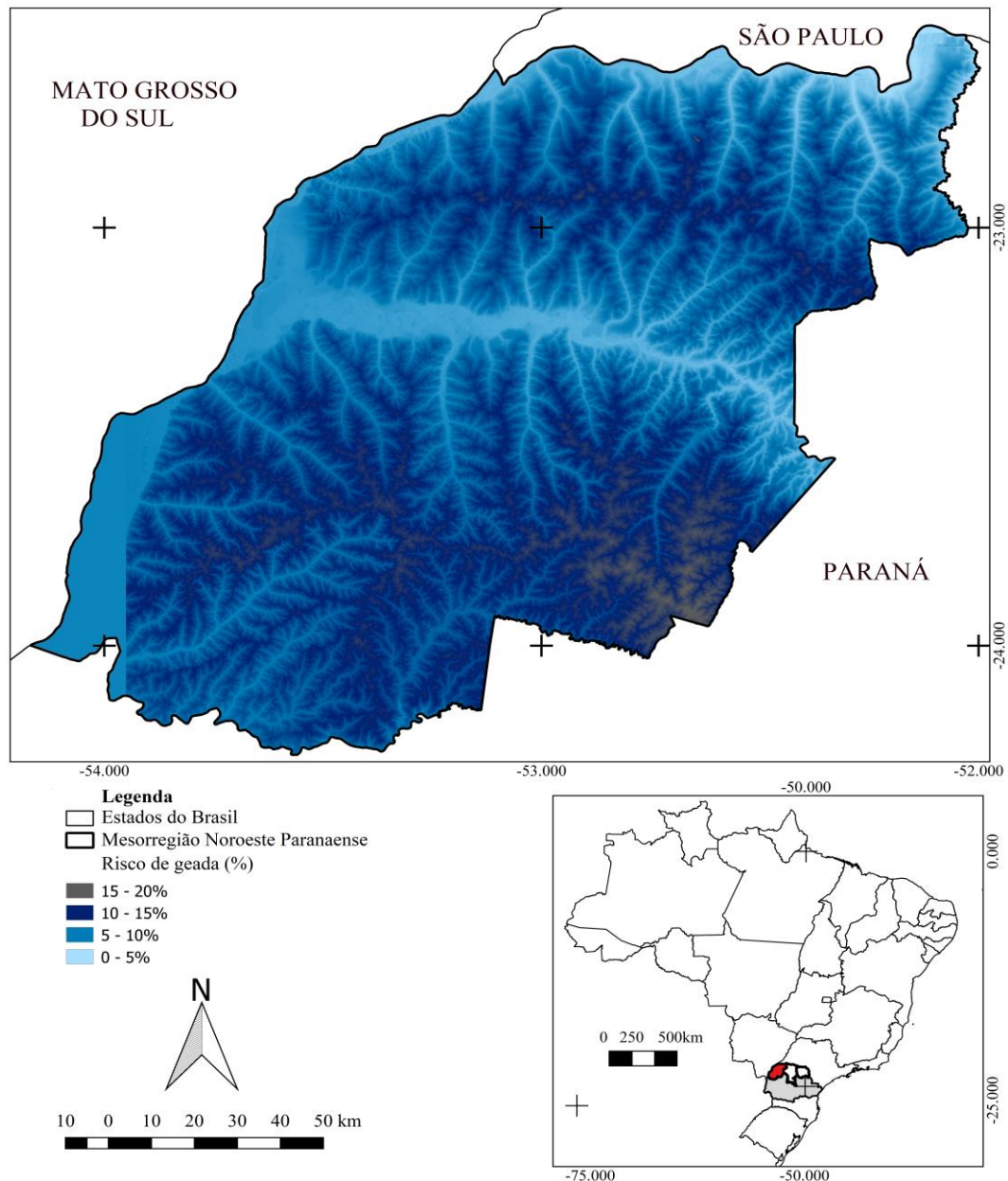
Campo Mourão e Cianorte, localizadas nas áreas mais altas da região, apresentaram risco de mais de 50% de ocorrências de temperaturas inferiores a 10°C por um longo período, do decêndio 03-abr a 03-set, inviabilizando o plantio durante cinco meses, podendo-se realizar o plantio nessas áreas entre os meses de outubro e novembro, para que assim, seja possível evitar as temperaturas frias no final de abril.

As estações de Paranavaí e Umuarama foram as que apresentaram os menores riscos de ocorrer temperaturas baixas, com poucos decêndios com risco superior a 50% e apenas na estação do inverno. A partir do decêndio 01-set o risco cai progressivamente, já sendo possível realizar o plantio nestas áreas.

O risco de ocorrer geadas na mesorregião varia regionalmente (Figura 09). As regiões sul e uma parte da leste registraram os maiores riscos e chances do fenômeno acontecer.

Nessas vertentes, as chances de ocorrer geada variam em torno de 10 a 20% por ano. Sendo áreas de maior risco para a produção, principalmente, no inverno.

Figura 9 - Risco de geada na Mesorregião Noroeste do Paraná



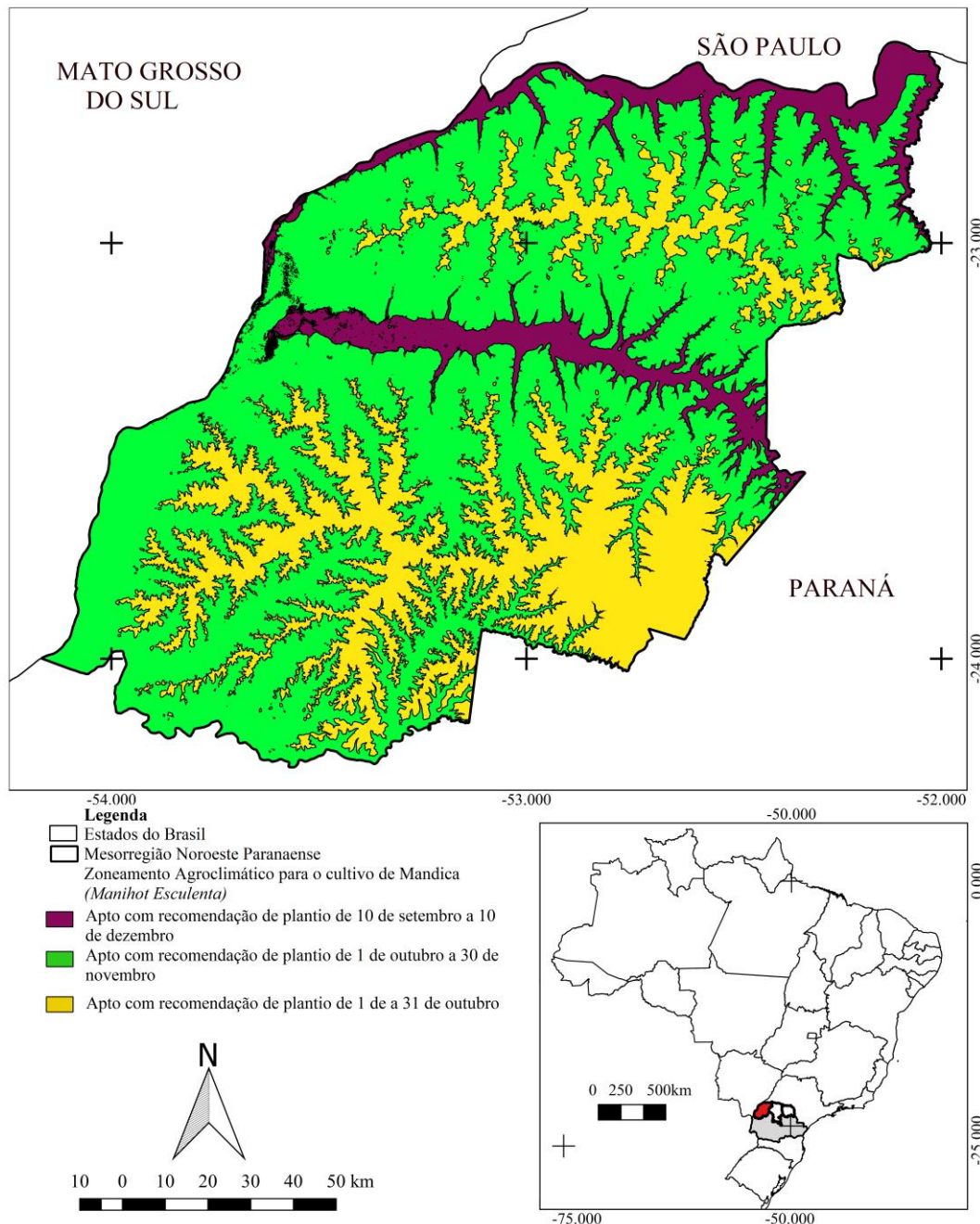
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

As regiões e áreas que apresentaram riscos entre 0% e 10% se mostram mais aptas para o cultivo, por ter o risco muito baixo de geada. Tal condição é visto nas regiões norte, oeste e uma fração da região leste, principalmente nas proximidades dos Rios Paraná, Paranapanema e Ivaí. São áreas onde a frequência de geadas é baixa, minimizando o impacto para as lavouras de mandioca. Porém, como mencionado, independentemente da

fase fenológica e da época de cultivo, na região a mandioca pode ser cultivada em períodos que não ocorrem geadas ou temperaturas baixas.

A partir dessas análises, é possível verificar que os riscos para o cultivo da mandioca são principalmente vinculados a temperatura e geadas. Na mesorregião os riscos começam a reduzir no mês de setembro, recomendando o cultivo, principalmente, a partir do mês de outubro, onde os riscos já são bem menores (Figura 10).

Figure 10 - Aptidão climática e épocas de cultivo da mandioca na Mesorregião Noroeste Paraense.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Porém, nas localidades de baixas altitudes, próximo a calha do Rio Paranapanema e Ivaí, a semeadura já pode ser iniciada no início do mês de setembro, até o começo de dezembro, graças a ocorrências de temperaturas frias só a partir de maio, tendo assim, a maior janela disponível para a realização do implemento da cultura e tomada de decisão.

Nas áreas em verde no mapa, classificada como uma área intermediária, a semeadura pode ser realizada durante dois meses, ainda garantindo eficácia pelos fatores agrometeorológicos na região. Na área mais fria, apenas um mês fica disponível para realizar o plantio, graças a temperaturas frias que chegam a ocorrer em setembro e abril, deixando assim, apenas sete meses livres para o cultivo.

É importante frisar, que a cultura da mandioca é altamente resistente e de uma adaptação não vista em outras culturas, plantadas em demasia no estado do Paraná, como é o caso da soja, milho e trigo. Mesmo em regiões onde a frequência de geadas é maior, chegando a 20%, que é o caso da região sul e leste, a cultura tem perspectiva para a expansão, desde que plantada na época correta. É possível que dadas às mesmas condições, outras culturas talvez não tivessem o mesmo comportamento. Mesmo nas adversidades, é possível verificar sua persistência em ambientes inapropriados ao seu cultivo, sendo, portanto, uma cultura resiliente.

A Mesorregião Noroeste, dessa forma apresentou vasta aptidão em todo o seu território para o cultivo da mandioca (Figura 09). De forma geral, a cultura responderá satisfatoriamente nas condições climáticas dos meses da primavera e do verão, onde tem-se melhor distribuição das chuvas e temperaturas mais elevadas, risco menores de geadas e temperaturas baixas. As chuvas se mostraram suficiente para a cultura em toda a extensão, sendo um dos elementos que mais favoreceu a sua aptidão.

4. CONCLUSÃO

A Mesorregião Noroeste Paranaense possui uma grande área com aptidão e boas perspectivas por meio das variáveis meteorológicas para o desenvolvimento da mandioca. A precipitação e o balanço hídrico apresentaram valores suficientes em todos os cenários testados para a produção, além da vantagem, perante boa parte do Estado, de ter o solo arenoso. Nenhuma área apresentou inaptidão por qualquer variável meteorológica, apenas

em faixas restritas do ano, principalmente nas estações de outono e inverno. O fator limitante para a produção durante todo o ano foram a ocorrência de temperaturas frias e geada. O plantio foi recomendado de setembro a dezembro, conforme a ocorrências de temperaturas a baixo de 10°C.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a agência de fomento a pesquisa CAPES pela bolsa concedida ao primeiro autor do artigo.

REFERÊNCIAS

AGOVINO, M. et al. Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 525-543, 2019.

ASSAD, E. D. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

BHERING, S. B. et al. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 2007.

CALDANA, N. F. S. et al., Agroclimatic Risk Zoning of Avocado (*Persea americana*) in the Hydrographic Basin of Paraná River III, Brazil. **Agriculture**, v. 9, n. 263, p. 1-11, 2019.

CALDANA, N. F. S. et al., Caracterização das ocorrências de precipitação de granizo e seus impactos socioeconômicos no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 27, p. 271-284, 2020.

CARAMORI, P. H. et al. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1040- 1044, 2008.

FÉLIX, A. da S. et al. Análise exploratória dos impactos das mudanças climáticas na produção vegetal no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 397-409, 2020.

FERREIRA, B. G. et al. Análise da variabilidade do poder evaporante do ar em um cultivo de açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*), Castanhal-PA. **Revista Sustinere**, v. 7, n. 2, p. 362-373, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>>. Acesso em 19 de Março de 2019

IPCC. Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. **Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

- LEM, S. et al. The heuristic interpretation of box plots. **Learning and Instruction**, v. 26, p. 22-35, 2013.
- DE LIMA, J. F. et al. Análise regional das mesorregiões do estado do Paraná no final do século XX. **Análise Econômica**, v. 24, n. 46, 2006.
- MARTINS, J. A. et al. Climatology of destructive hailstorms in Brazil. **Atmospheric Research**, v. 184, p. 126-138, 2017.
- MEIRA, R. L.; MOREIRA, B. L.; VIEIRA, M. F. O aquecimento global e sua influência sobre a Mata Atlântica: algumas considerações. **Cadernos UniFOA**, v. 3, n. 1 Esp, p. 65, 2019.
- MEZHER, R. N. et al. Climatology of hail in Argentina. **Atmospheric research**, v. 114, p. 70-82, 2012.
- MORAIS, H.; CARBONIERI, J. Horas e unidades de frio em pomares de maçã com diferentes microclimas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 001-012, 2015.
- MÜLLER, N. L. Contribuição ao estudo do Norte do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 22, p. 55-97, 2017.
- NITSCHKE, P. R. et al. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>
- OTSUBO, A. A. et al., **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Embrapa Agropecuária Oeste-Livro técnico (INFOTECA-E), 2002.
- RICCE, W. da S. et al. Zoneamento agroclimático da cultura do abacaxizeiro no Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2337-2346, 2014.
- SCHNEIDER, H.; DA SILVA, C. A. O uso do modelo box plot na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014.
- SENTELHAS, P. C. Temperatura letal de diferentes plantas frutíferas tropicais. **Bragantia**, v. 55, n. 2, p. 231-235, 1996.
- DA SILVA, T. T. F. Félix et al. Estimativa da temperatura do solo e comparação de variáveis meteorológicas em anos extremos de pluviosidade em Mossoró-RN. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 1, n. 2, 2020.
- WREGGE, M. S. et al. Regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 1, p. 113-122, 2005.