

Análise de risco climático para a cultura da *Cannabis* spp. no estado de Santa Catarina

Priscila Camargo^{(1)*}, Leosane Cristina Bosco⁽²⁾

⁽¹⁾ Acadêmica do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040- 900, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾ Professora Associada de Agrometeorologia da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Ulysses Gaboardi, 3000, km 3, Caixa Postal 101, CEP 89520-000, Curitibanos, SC, Brasil.

* Priscila Camargo - E-mail: mskpri@gmail.com

Resumo

O interesse no uso medicinal da *Cannabis* spp. vem aumentando em função das evidências científicas que demonstram seu potencial terapêutico. No entanto, no Brasil, são incipientes os estudos agrônômicos acerca do seu cultivo. O objetivo deste estudo foi realizar uma análise de risco climático para o cultivo da *Cannabis* spp. no estado de Santa Catarina. A partir de uma revisão bibliográfica e da sistematização de dados meteorológicos do estado, foram considerados os parâmetros críticos de fotoperíodo (14h), soma térmica (< 2500°C dia) e probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas (<-6°C). A cultura da *Cannabis* spp. tem possibilidade de cultivo em todas as regiões do estado, desde que observadas as orientações técnicas de acordo com os riscos inerentes a cada região. Dentro do período decenal de 33 a 8 (21/nov a 20/mar), os critérios de fotoperíodo e de temperatura mínima absoluta do ar não foram restritivos em nenhuma região do estado. Para o parâmetro crítico soma térmica, nas regiões em que o risco se apresenta alto, a limitação pode ser superada com a possibilidade de antecipação do estabelecimento da cultura. Esta pesquisa fornece informações úteis para pesquisadores, legisladores e interessados no cultivo de *Cannabis* spp. no Brasil.

Palavras-chave: Zoneamento Agrícola; *Cannabis* spp.; Fotoperíodo; Agrometeorologia.

Abstract The interest in the medicinal use of *Cannabis* spp. has been growing due to scientific evidence demonstrating its therapeutic potential. However, in Brazil, there is a lack of agronomic studies regarding its cultivation. This study aimed to perform a climate risk analysis for cultivating *Cannabis* spp. in the state of Santa Catarina. Through a literature review of meteorological data, critical parameters such as photoperiod (14h), thermal sum (< 2500°C day), and likelihood of minimum air temperatures (<-6°C) were considered. Cultivation of *Cannabis* spp. is feasible in all regions of the state, provided that technical guidelines are followed according to the inherent risks of each region. Within the decennial period from 33 to 8 (Nov 21st to Mar 20th), the photoperiod and absolute minimum temperature criteria did not pose restrictions in any region of the state. For the critical parameter of thermal sum, regions with high risk can overcome limitations by potentially bringing forward the cultivation establishment. This research provides useful information for researchers, policymakers, and people interested in the cultivation of *Cannabis* spp. in Brazil.

Keywords: Agricultural Zoning; *Cannabis* spp.; Photoperiod; Agrometeorology.

Introdução

A *Cannabis* spp. é uma planta pertencente à família Cannabaceae, conhecida há pelo menos 12.000 anos e é historicamente uma cultura versátil, sendo utilizada na produção de fibra, óleo, remédio, tecido, papel, biocombustível, cosméticos, alimentos, materiais de construção, entre outras finalidades (BONINI, 2018). A planta contém fitoquímicos, sendo mais de 125 tipos de canabinóides e 400 não-canabinóides, como flavonóides, alcalóides, fenóis, terpenos e ácidos graxos ômega-3 e 6. Os canabinóides, acumulados nos tricomas das flores femininas, como o THC (Delta-9-tetrahydrocannabinol) e CBD (canabidiol) têm sido utilizados para caracterizar os três quimiotipos de cannabis: i) cujo canabinóide predominante é o THC; ii) intermediário, em que os canabinóides predominantes são THC e CBD e iii) cujo canabinóide predominante é o CBD, também conhecida como cânhamo (BROSÉUS; ANGLADA; ESSEIVA, 2010; PILUZZA et al., 2013; UBEED et al., 2022).

O interesse no uso medicinal da *Cannabis* spp. e seus derivados vem aumentando em função das evidências científicas que demonstram seu potencial terapêutico no tratamento de diversas enfermidades em humanos e animais (FIOCRUZ, 2023; HARTSEL et al., 2019). No entanto, há necessidade de ampliação dos conhecimentos agrônômicos

referentes aos genótipos, condições climáticas e práticas de manejo dessa espécie para viabilização e legalização de cultivos industriais, pois vários fatores ambientais podem influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas de *Cannabis* spp. e, conseqüentemente, seu perfil químico (SPANNO et al., 2022; TRANCOSO et al., 2022). No Brasil, mais de 80% das pesquisas publicadas até o momento são da área de Ciências da Saúde (KAYA MIND, 2022), sendo incipientes publicações sobre o cultivo da cannabis medicinal e industrial no Brasil (ADWA, 2021; FRAGA; IULIANELLI, 2011).

A cannabis é uma planta herbácea, anual, preponderantemente dióica, sendo que as flores das plantas fêmeas são do tipo inflorescência, enquanto as flores masculinas são do tipo panículas (LÓPEZ, 2015; VALADÃO, 2003). Tem grande flexibilidade fenotípica, e apresenta melhor desenvolvimento em solos bem drenados, profundos e férteis, embora tenha uma notável capacidade de sobreviver em solos deficientes em nitrogênio (SMALL et al., 2015).

As práticas de cultivo adotadas vão depender da finalidade pretendida e do sistema de cultivo. Na *Cannabis* spp. cultivada para fins de obtenção de fibras (cânhamo) utilizam-se variedades pouco ramificadas, de alto porte e é preconizado o cultivo a campo. A colheita deve ser realizada no estágio de floração plena das flores masculinas para maximizar a produtividade e a homogeneidade das fibras (AMADUCCI et al., 2015). O cânhamo destinado para a produção de grãos também requer um plantio a campo, com variedades de ciclo de 120 dias ou mais, porém com média densidade. Igualmente ao cultivo de cânhamo para fibras, há a presença de plantas fêmeas e machos e a colheita das sementes também é realizada de forma mecanizada (VERGARA, 2023).

Por fim, a cannabis cultivada com a finalidade de produção de inflorescências, pode ser cultivada a campo ou em ambiente com condições de temperatura, luminosidade e umidade controladas, a depender da composição dos canabinóides almejada, seja para fins medicinais, psicoativos ou cosméticos. As variedades, neste caso, apresentam maior ramificação e menor porte. O plantio é feito a partir de mudas ou clones em baixa densidade e a colheita é normalmente realizada de forma manual, já que se trata de produtos com alto valor agregado. Nesse caso, a presença de plantas macho deve ser impedida uma vez que pode ocorrer o processo de polinização, comprometendo a produção exclusiva de flores femininas sem sementes (VERGARA, 2023).

A fenologia da *Cannabis* spp. é caracterizada pelas fases de germinação e emergência, desenvolvimento foliar, formação de brotos laterais, alongamento do caule,

formação do botão floral, florescimento, desenvolvimento do fruto (aquênios), amadurecimento do fruto e senescência (MISHCHENKO, 2017). A fase mais importante para cultivo com propósito medicinal é a de inflorescências das flores femininas com a duração do ciclo de 60 a 120 dias (VERGARA, 2023).

As exigências agroclimáticas reportadas em diversas publicações como sendo importantes para a cannabis são: fotoperíodo, temperatura do ar e disponibilidade hídrica, cada um desses fatores, com maior ou menor importância em função da fase ou estágio fenológico da cultura.

A *Cannabis* spp. é uma planta quantitativa (facultativa) de dias curtos (PDC), sendo o florescimento desencadeado quando a planta é exposta ao efeito do encurtamento dos dias, isto é, a floração é normalmente induzida por uma duração necessária de dias com um mínimo período ininterrupto de escuridão (10-12 horas para a maioria das variedades), mas em alguns casos a floração pode ocorrer independentemente do regime de luz (variedades indiferentes ao fotoperíodo) (ZHANG, 2021). Diante disso, para evitar o prolongamento do período vegetativo ou o florescimento precoce, deve-se optar por variedades adaptadas à latitude e ao clima da região a que se pretende cultivar.

A *Cannabis* spp. possui alta plasticidade e não há unanimidade na literatura sobre as faixas ideais de temperatura para o seu cultivo, mas variam em um intervalo de 5,6 °C a 27,5°C (DUKE, 1982) e 7,8°C a 27°C em condições semiúmidas (PURDUE UNIVERSITY, 2015). A temperatura mínima que as plântulas podem suportar é de -8 a -10°C, enquanto as plantas adultas são mais sensíveis, tolerando temperaturas de -5 a -6°C (FASSIO; RODRÍGUEZ; CERETTA, 2013). Galic et al. (2022) afirmam que a *Cannabis* spp. pode ser bastante tolerante a curtos períodos de geada antes da colheita, embora o frio prolongado possa reduzir a produção. No Uruguai, por exemplo, a colheita é realizada em abril, antes de temperaturas congelantes e a janela de plantio varia entre setembro e novembro. Hall (2013) sugere que a época de plantio ideal para o cânhamo fibra seja no final de novembro nas baixas latitudes do hemisfério sul, com base na produtividade, altura de plantas e desenvolvimento fenológico. Portanto, ao estender o período entre as datas de plantio e colheita pode tanto aumentar o rendimento de matéria seca, bem como correr riscos de danos causados pelo frio.

Eventos adversos como fortes tempestades e granizo podem causar danos superficiais ou graves, a depender da intensidade, variedade e fase em que a cultura se encontra. As variedades de menor porte (finalidade flor/cannabinóide) são menos suscetíveis

a danos do que as variedades de fibra (que são menos ramificadas e possuem mais de 3m de altura).

O cânhamo requer aproximadamente 90°C dia (Tb 0°C) para atingir 50% da emergência de plantas (FASSIO; RODRÍGUEZ; CERETTA, 2013) e 400°C dia para atingir a cobertura completa do solo (STRUIK et al., 2000). Para produção de fibra são necessários 2000°C dia (MERFIELD, 1999) e para produzir sementes 3000°C dia (FASSIO; RODRÍGUEZ; CERETTA, 2013).

Até o momento, são poucos os estudos que avaliam, de forma precisa, a demanda de água para o cultivo da cannabis. Fassio, Rodríguez e Ceretta (2013) apontam que, para a variedade cânhamo, são necessários 250 a 700 mm para o ciclo da cultura, incluindo a umidade disponível do solo. Amaducci et al. (2015), sugerem que o cânhamo requer entre 500-700 mm de umidade disponível para um rendimento ótimo, e que 250-300 mm devem estar disponíveis durante a fase de crescimento vegetativo. Para Trancoso et al. (2022), embora alguns estudos apontem que a cannabis seja uma cultura de elevada demanda hídrica, essa demanda é altamente atrelada ao genótipo da planta, ao manejo agrônomico e aos fatores edafoclimáticos da área de cultivo. Além da água do solo, a umidade atmosférica deve ser considerada. Para Fassio, Rodríguez e Ceretta (2013), a faixa ideal de umidade relativa seria entre 40 e 60%, especialmente durante o período de floração.

O Brasil precisa avançar no movimento de pesquisa e inovação referente a *Cannabis* spp., para obtenção de resultados científicos que auxiliem, agronomicamente, na produção comercial sustentável dessa cultura que surge como oportunidade de diversificação e de desenvolvimento socioeconômico. Uma das ferramentas agrícolas essenciais para indicação de cultivo de espécies é o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC). O ZARC tem como objetivo a indicação de datas ou períodos de plantio/semeadura por cultura e por município, considerando as características do clima, o tipo do solo e o ciclo das cultivares, de forma a evitar que adversidades climáticas coincidam com as fases mais sensíveis das culturas, minimizando as perdas agrícolas (EMBRAPA, 2017). Algumas culturas de interesse, como a *Cannabis* spp., não estão elencadas nas portarias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), muitas vezes por não terem pesquisa nessa linha de análise de risco ou por estarem restritas às instituições de pesquisa regionais.

A fase inicial das metodologias de zoneamento agrícola para redução de riscos climáticos é a quantificação dos riscos aos quais a espécie está submetida, em função de parâmetros escolhidos para a análise. Essa análise pode ser realizada a partir de dados

encontrados na literatura e consiste na identificação de áreas de maiores e menores riscos climáticos para o cultivo de determinada cultura, considerando as exigências agroclimáticas das plantas e as informações macroclimáticas da região. Combinar as exigências bioclimáticas da *Cannabis* spp. com a variabilidade microclimática existente em Santa Catarina, traz a possibilidade de discussão dos riscos climáticos à cultura em diferentes regiões do estado.

A hipótese que desencadeou este trabalho é a de que o estado de Santa Catarina apresenta condições agroclimáticas favoráveis para o cultivo da *Cannabis* spp., em suas diferentes regiões, considerando os parâmetros críticos de fotoperíodo, temperatura e soma térmica. Diante disso, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise de risco climático para o cultivo de *Cannabis* spp. em Santa Catarina. Este estudo se insere dentro de uma perspectiva estratégica para impulsionar iniciativas científicas, governamentais e empresariais que levem em consideração os potenciais para a promoção da cultura da *Cannabis* spp. em território catarinense.

Material e Métodos

Os dados utilizados para a análise de risco climático referentes às características e exigências bioclimáticas da *Cannabis* spp. foram oriundos de pesquisa bibliográfica realizada entre os meses de junho e outubro de 2023 e de observações feitas a campo em cultivos comerciais autorizados no Uruguai, Brasil, Colômbia e Colorado (EUA).

O *locus* escolhido para a análise de risco climático foi o estado de Santa Catarina, um território de 95,4 mil km² que faz fronteira com o estado do Paraná (ao norte), estado do Rio Grande do Sul (ao sul), Oceano Atlântico (leste) e Argentina (oeste). O estado está dividido geograficamente em oito principais regiões: Litoral, Nordeste, Planalto Norte, Vale do Itajaí, Planalto Serrano, Sul, Meio-Oeste e Oeste (SANTA CATARINA, 2023).

O clima predominante em Santa Catarina é o subtropical úmido, com temperaturas que variam de 13 a 25°C, com chuvas distribuídas durante todo o ano. De acordo com a classificação de Köppen, o estado é compreendido por dois subtipos climáticos: Cfa (Clima mesotérmico úmido com chuvas bem distribuídas, verões quentes e invernos brandos) e Cfb (Clima mesotérmico úmido com chuvas bem distribuídas, verões brandos e invernos rigorosos). A presença do tipo climático Cfa em Santa Catarina é observada na região oeste, com altitudes de até 700 m. A leste dessa região, o clima Cfa compreende o Vale do Rio Uruguai em altitudes de até 650 m, bem como em toda região litorânea nas altitudes entre

500 e 600 m. O tipo climático Cfb, pode ser observado no restante do estado, nas áreas com altitudes maiores como na Serra Catarinense (ALVARES et al., 2013).

As variáveis bioclimáticas escolhidas para serem utilizadas na análise de risco climático para a cultura da *Cannabis* spp. foram: fotoperíodo, temperatura mínima absoluta do ar e soma térmica (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de risco para a cultura da *Cannabis* spp.

Fase Fenológica	Parâmetro Agroclimático	Critério de risco
Indução ao florescimento	Fotoperíodo	14 h
Fase vegetativa até plena floração	Soma térmica	< 2500 °C dia
Ciclo total	Temperatura mínima (injúria por frio)	<-6°C

Para essa análise conjunta dos riscos climáticos, optou-se por trabalhar com 20 e 30% de probabilidade como delimitantes dos riscos baixos (<20%), moderados (entre 20 e 30%) e altos (acima de 40%), valores usualmente utilizados em trabalhos que servem de fonte de consulta para o acesso ao crédito rural e seguro agrícola. A inexistência de experimentos a campo ou cultivos comerciais em Santa Catarina, não favorece uma parte da metodologia que é a validação dos resultados, portanto o teor cauteloso deve estar presente na análise.

O ciclo fenológico adotado para a análise de risco foi o ciclo de cultivo de *Cannabis* spp. para a produção de inflorescências, aqui compreendido entre os decêndios 33 a 8 (a partir de 21/nov até 20/mar). A necessidade de acúmulo de soma térmica para esta variedade é intermediária em relação aos cultivos com finalidade fibra e grãos. Dentro dos limites desta pesquisa optou-se por este ciclo, o que não impede que as equações, mapas e análises dos ciclos fenológicos das variedades para produção de grãos e fibras sejam feitas utilizando a mesma metodologia.

A partir do levantamento e sistematização de dados meteorológicos disponíveis no Banco de Dados da Epagri/CIRAM, as séries históricas das variáveis temperatura mínima e máxima do ar foram sistematizadas, sendo escolhidas as estações com 15 anos ou mais de observações, distribuídas conforme Figura 1.

Para o cálculo da soma térmica decendial (°C dia) foi utilizada a temperatura mínima basal de 1°C (Tb) e temperatura máxima basal de 40°C (TB) (AMADUCCI et al., 2008, FASSIO; RODRÍGUEZ; CERETTA, 2013). Os valores de soma térmica estimados decendialmente foram acumulados para o período dos decêndios 33 a 8, ou seja, de 21 de novembro a 20 de março o que corresponde a fase de crescimento e floração. O parâmetro de risco utilizado foi de valores abaixo de 2500°C dia. A soma térmica acumulada foi calculada considerando as seguintes premissas (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017): CASO I: TB>TM>Tm>Tb $GD = ((TM - Tm) / 2) + Tm - Tb$; CASO II: TB>TM>Tb>Tm $GD = ((TM - Tb)^2) / (2 * (TM - Tm))$; CASO III: TB>Tb>TM>Tm $GD = 0$; CASO IV: TM>TB>Tm>Tb $GD = ((2 * (TM - Tm) * (Tm - Tb)) + (TM - Tm)^2 - (TM - TB)) / (2 * (TM - Tm))$ e CASO V: TM>TB>Tb>Tm $GD = 0,5 * ((TM - Tb)^2 - (TM - TB)^2) / (TM - Tm)$, considerando-se que: TB é a temperatura basal superior da cultura, em °C; Tb é a temperatura basal inferior, em °C; TM é a temperatura máxima do dia, em °C; e Tm é a temperatura mínima do dia, em °C.

Foram ajustadas equações de regressão linear múltiplas para a média e desvio-padrão da variável soma térmica, as quais foram empregadas no mapeamento da ocorrência de acúmulo térmico em função de latitude, longitude e altitude, com resolução espacial de 90 m, utilizando a base no modelo digital de elevação (MDE) SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* (USGS, 2006). Foram ajustadas equações de regressão linear múltipla *stepwise forward* para os valores médio e desvio-padrão da soma-térmica (decêndios 33 a 8) em função da latitude, longitude e altitude. A consistência, sistematização, análise das séries históricas e espacialização dos resultados foram realizadas no software R e ArcGis 10.6.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises são discutidos em três tópicos relativos aos parâmetros definidos para avaliação dos riscos climáticos para o cultivo da *Cannabis* spp. em Santa Catarina: fotoperíodo, temperatura mínima absoluta do ar e soma térmica.

1. Fotoperíodo

Para exemplificar a distribuição do fotoperíodo durante o ano e identificar as datas associadas aos seus diferentes valores, foram plotados os dados de três municípios de Santa

Catarina localizados nos extremos norte, oeste e sul do estado: Itapoá, São Miguel do Oeste e São João do Sul, expressos no gráfico da Figura 2.

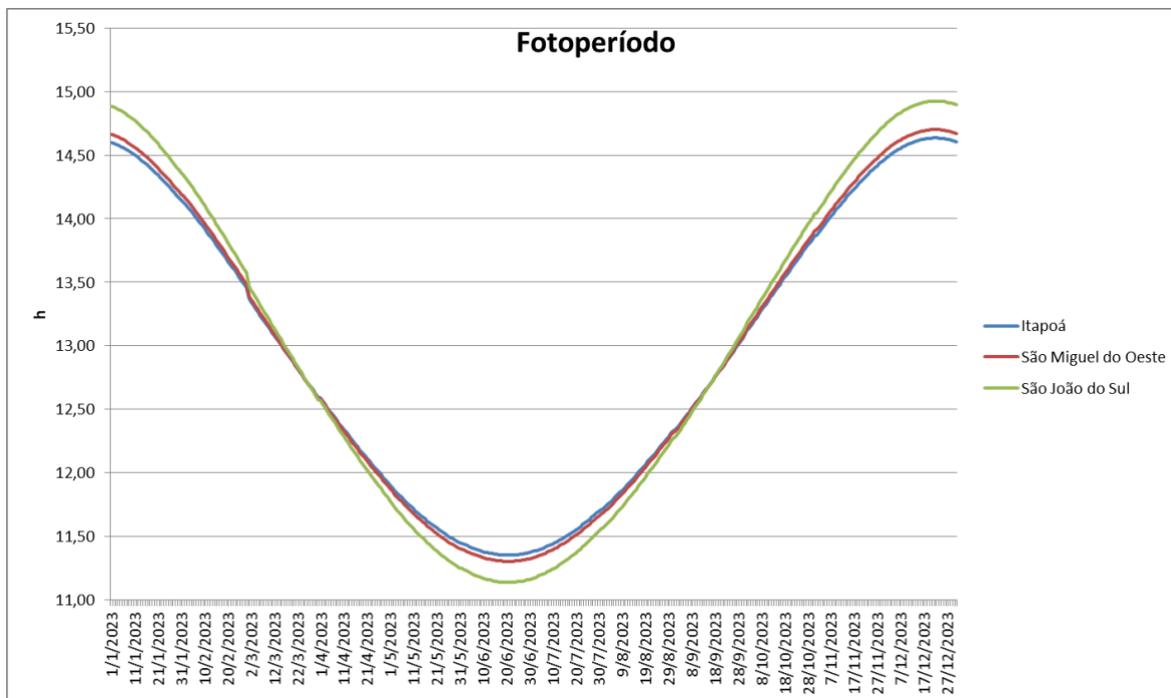


Figura 2. Variação do fotoperíodo para pontos amostrais em Santa Catarina.

De acordo com a Figura 2, os três municípios apresentam valores de fotoperíodo semelhantes. São João do Sul apresentou a maior amplitude no fotoperíodo, com mínimo de 11,14 horas e máximo de 14,93 horas, como era esperado, em virtude de estar localizado mais ao sul do estado. Os menores valores de fotoperíodo são estimados para a metade do mês de junho, enquanto os maiores, por volta de 21 de dezembro.

Considerando-se as latitudes compreendidas no estado de Santa Catarina e as informações da Figura 2, foi estabelecido o fotoperíodo de 14 horas como parâmetro de risco. Isso se deve ao fato de que, plantas induzidas por um fotoperíodo de 12 horas, entrariam em floração em um período de temperaturas mais baixas, aumentando o risco de danos por frio. A Figura 2 sugere que nos três municípios amostrais o fotoperíodo não é um fator restritivo à cultura, atendendo a demanda da planta para que ocorra a transição da fase vegetativa para a fase de floração.

Assim, estabelece-se que a indução floral acontece a partir da segunda quinzena de fevereiro até o final de março. Esse parâmetro é um dos mais importantes quando se pretende estabelecer as datas de plantio e colheita e para a definição das variedades a serem escolhidas

para o cultivo. Ressalta-se que a opção por genótipos de plantas adaptados às condições fotoperiódicas de Santa Catarina é fundamental para o sucesso do cultivo.

2. Temperatura mínima absoluta (injúria por frio)

Os resultados indicam que no decêndio 15 (21 a 31/mai), existem probabilidades de ocorrência de temperaturas menores ou iguais a -3°C acima de 1%, no abrigo meteorológico (Figura 3).

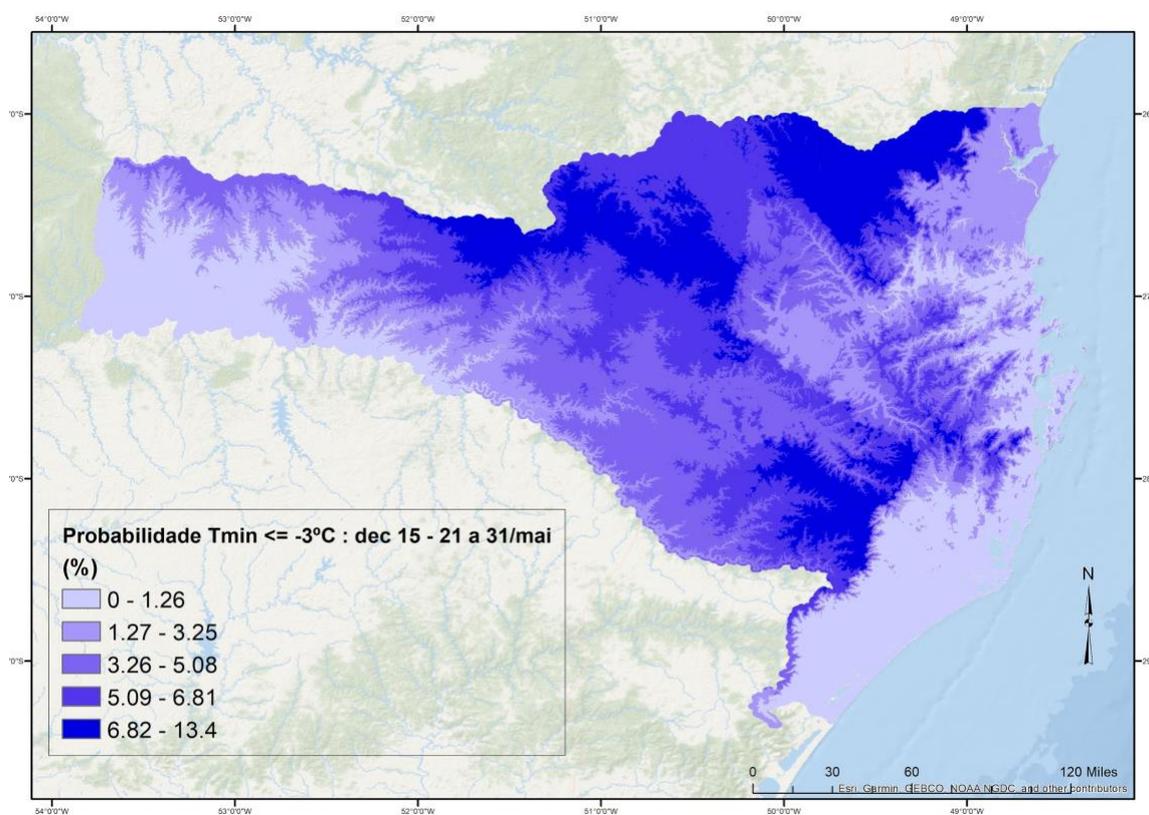


Figura 3. Probabilidade de temperaturas mínimas de -3°C no abrigo meteorológico, no decêndio 15 (21 a 31/mai), em Santa Catarina.

Até o decêndio 18 (21 a 30/jun) os riscos de ocorrência de temperatura mínima igual ou abaixo de -3°C são classificados como baixo ($\leq 20\%$). A partir do decêndio 19 (1 a 10/jul) torna-se o risco moderado (entre 20 e 30%, Figura 4 e Figura 7) e áreas com risco alto ($> 40\%$) aparecem nos decêndios 20 (Figura 5) e 21 (Figura 6) (de 11 a 31/jul).

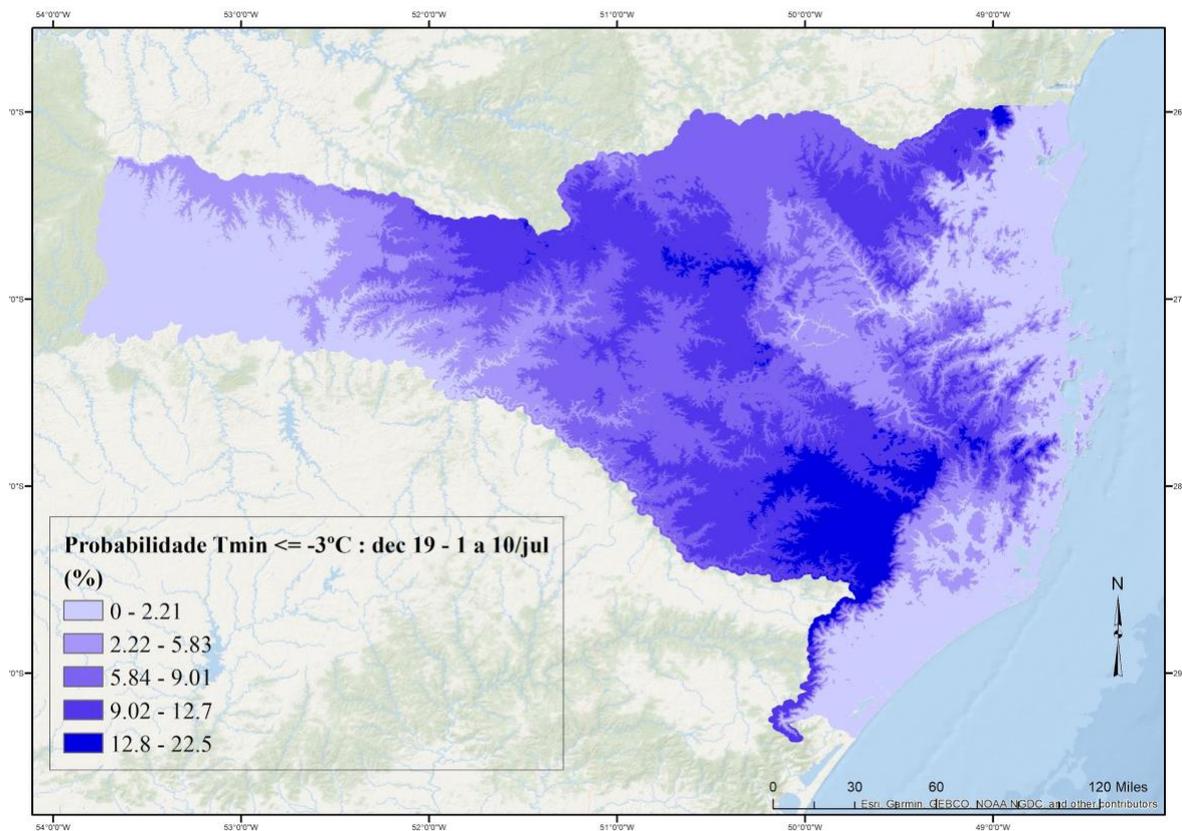


Figura 4. Probabilidade de temperaturas mínimas de -3°C no abrigo meteorológico, no decêndio 19 (1 a 10/jul) em Santa Catarina.

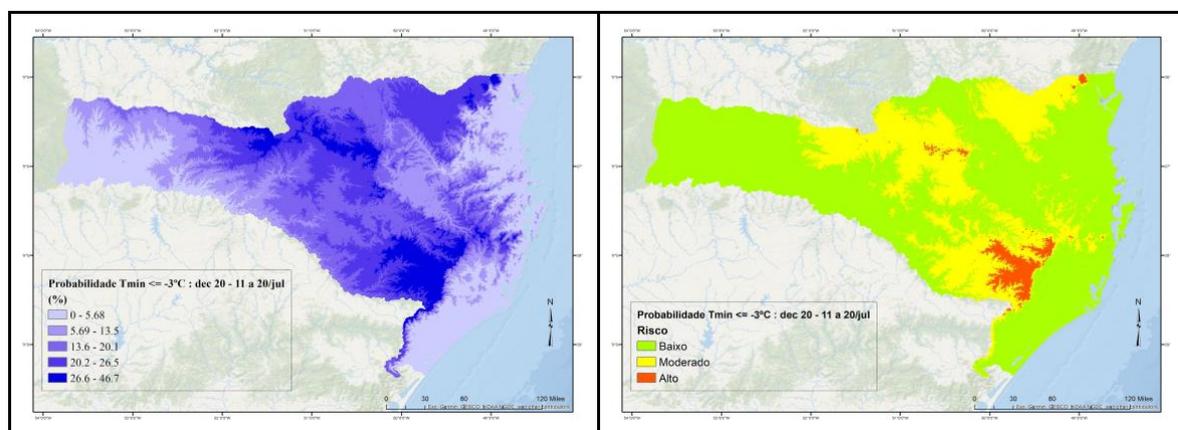


Figura 5. Probabilidade de temperaturas mínimas de -3°C no abrigo meteorológico, no decêndio 20 (11 a 20/jul) em Santa Catarina (A). Reclassificação pelo risco (B).

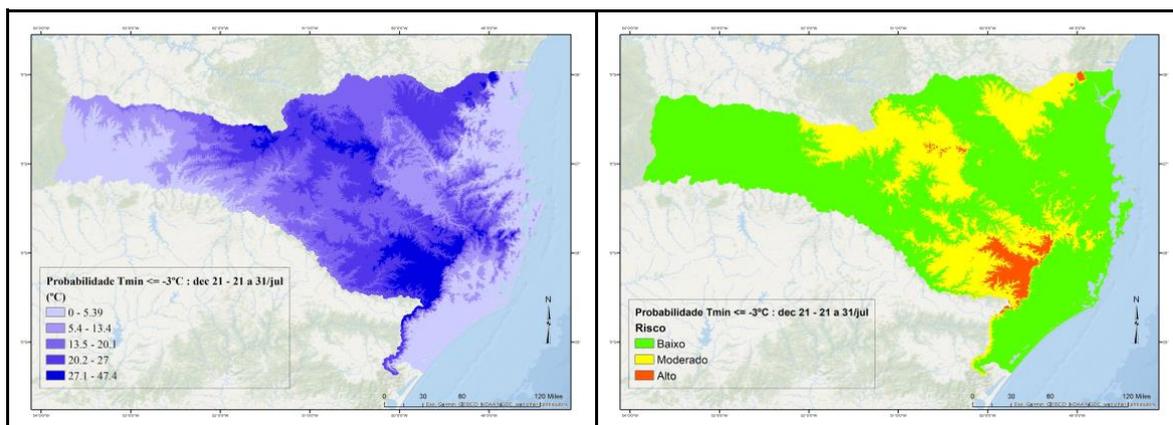


Figura 6. Probabilidade de temperaturas mínimas de -3°C no abrigo meteorológico, no decêndio 21 (21 a 31/jul) em Santa Catarina (A). Reclassificação pelo risco (B).

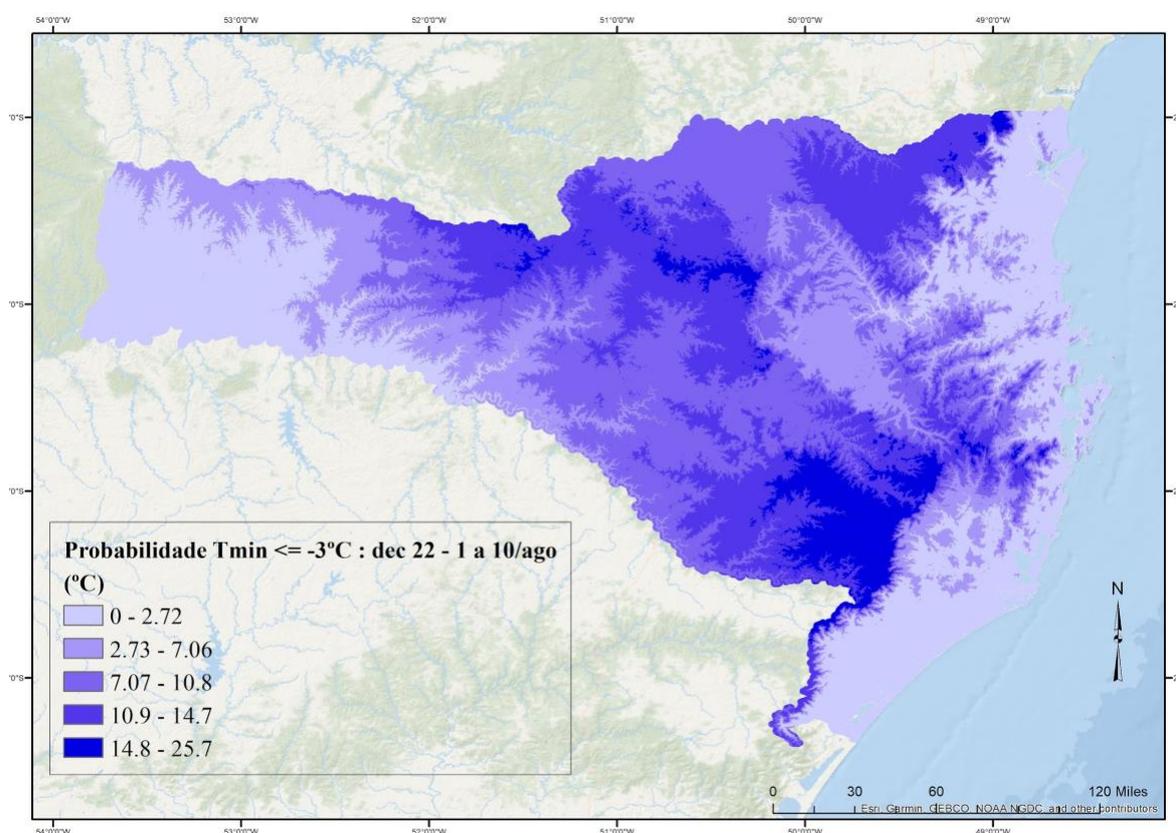


Figura 7. Probabilidade de temperaturas mínimas de -3°C no abrigo meteorológico, no decêndio 22 (01 a 10/ago) em Santa Catarina.

A partir do decêndio 23 (11 a 20/ago) (Figura 8) as temperaturas mínimas já não oferecem risco para implantação da lavoura nos níveis parametrizados nesse trabalho e a disponibilidade térmica passa a ser avaliada dentro de um padrão esperado de crescimento e desenvolvimento da cultura. Ressalta-se, no entanto, que está intrínseco dentro do conceito de probabilidade, a possibilidade de existirem anos com temperaturas adversas dada que as variáveis climáticas possuem variabilidade interanual.

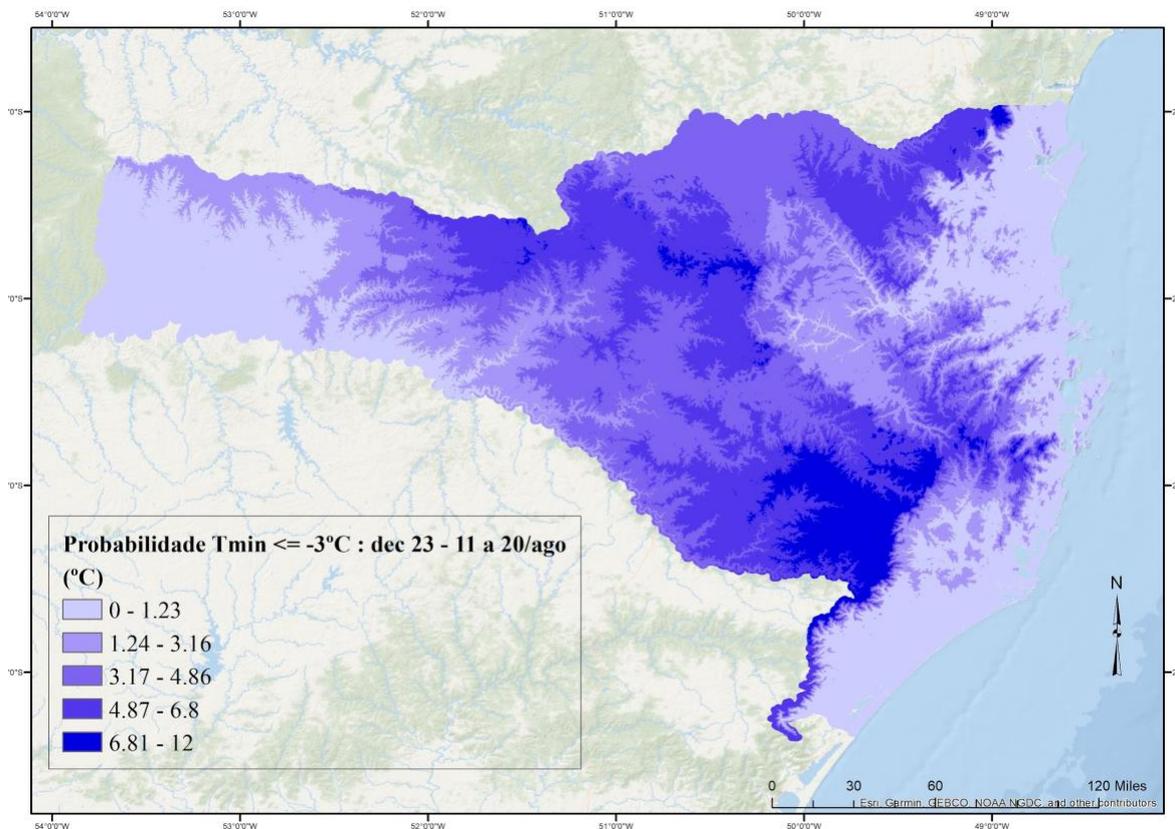


Figura 8. Probabilidade de temperaturas mínimas de -3°C no abrigo meteorológico, no decêndio 23 (01 a 10/ago) em Santa Catarina.

Os períodos de maior risco de danos por baixas temperaturas apresentados nas figuras não coincidem com o ciclo estimado para estabelecimento e desenvolvimento da cultura, compreendido entre os decêndios 33 a 8 (21/nov a 20/mar), período em que a probabilidade de temperaturas mínimas seria baixa. Uma vez adotada esta janela, o fator temperatura mínima absoluta não seria um fator restritivo para o cultivo da *Cannabis* spp. em Santa Catarina.

3. Soma térmica

Não houve significância estatística no ajuste da regressão linear múltipla para o desvio-padrão, então optou-se por usar o valor médio da distribuição dos dados (Tabela 2). O conjunto de dados foi testado quanto à normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Teste de Bartlett), não havendo em nenhum caso, a rejeição das hipóteses com 5% de significância, concluindo-se que a variável soma térmica acumulada para o período segue uma distribuição normal e a variabilidade dos resíduos (erros de estimativa) é constante em todas as faixas de valores das variáveis independentes.

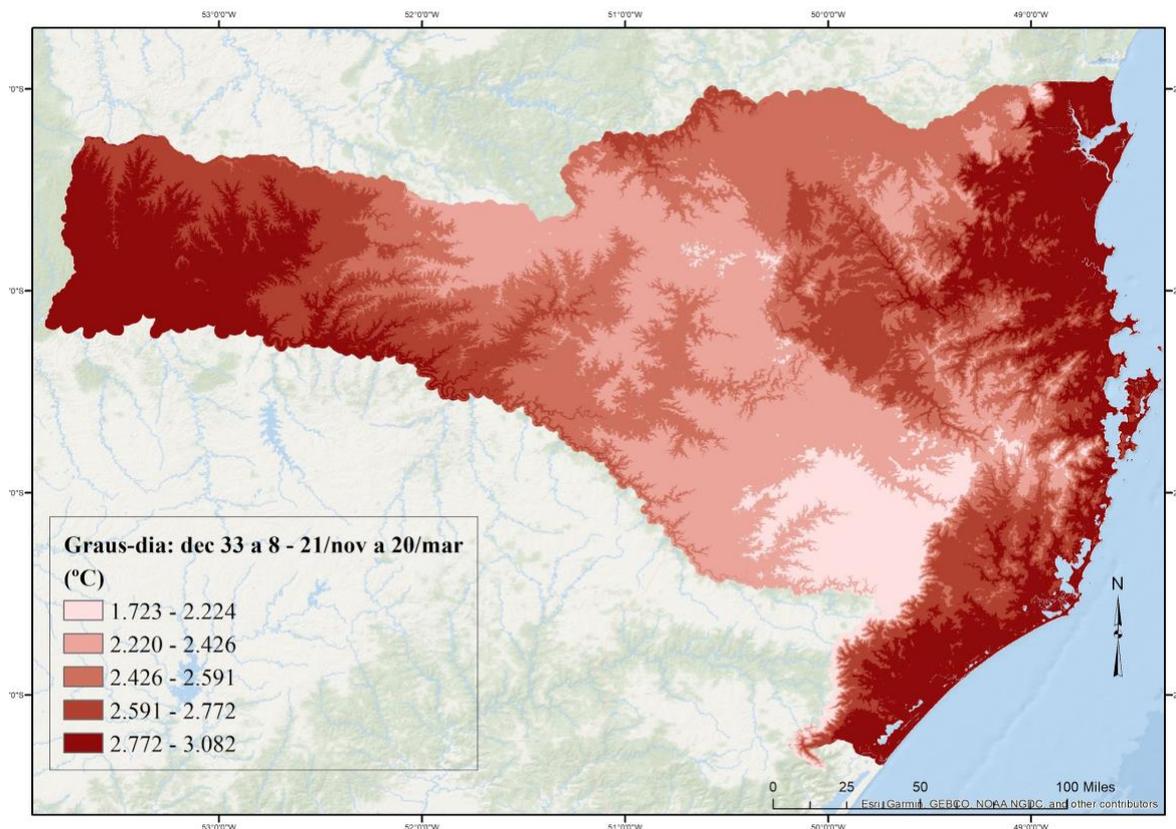


Figura 9. soma térmica acumulada nos decêndios 33 a 08 (21/nov a 20/mar) em Santa Catarina.

A Figura 10 apresenta a classificação de Santa Catarina quanto a este parâmetro utilizando os valores médios calculados (50% de probabilidade). Essa forma de apresentação dá a indicação da potencialidade do cultivo da *Cannabis* spp. no estado distinguindo duas regiões em grande parte coincidentes com a Classificação Climática de Köppen (Figura 11).

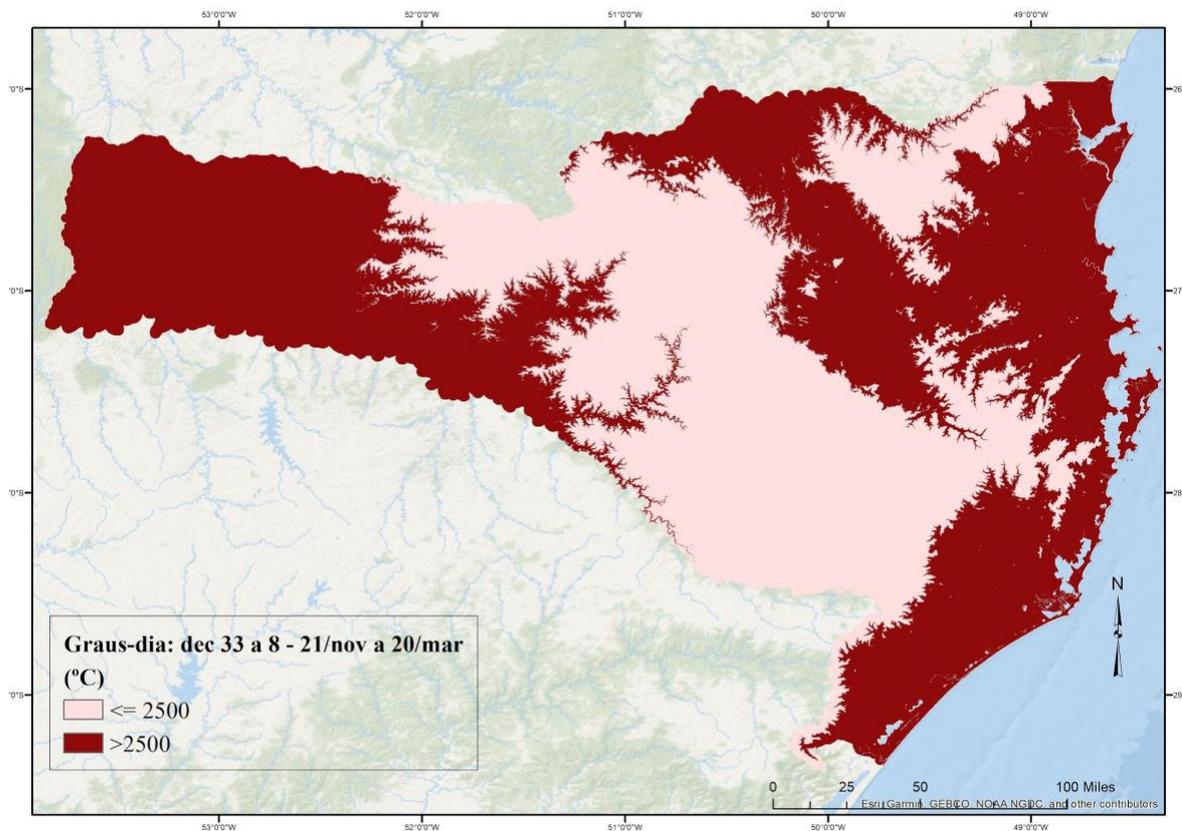


Figura 10. Classificação do Estado em áreas com e sem disponibilidade de soma térmica (mínimo de 2500°C dia considerando $T_b = 1^\circ\text{C}$ e $T_B = 40^\circ\text{C}$).

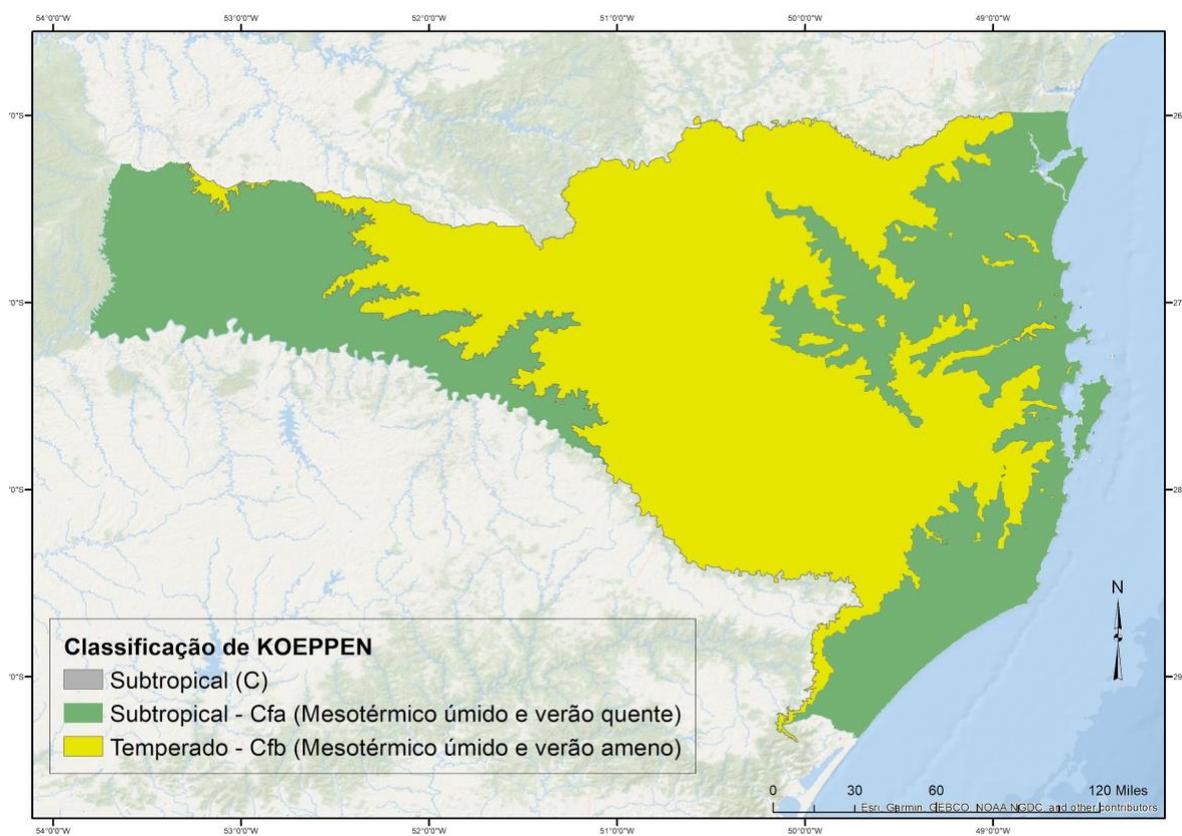


Figura 11. Classificação Climática segundo Köppen.

Observa-se que as áreas de alto risco para o fator soma térmica acumulada entre os decêndios 33 a 08 (21/nov a 20/mar) (Figura 12) é bastante coincidente com a região denominada Cfb pela Classificação de Köppen (Figura 11). Isso não significa que as regiões consideradas de alto risco (Figura 12) sejam classificadas como inaptas ao cultivo de *Cannabis* spp.. Para essas regiões, desde que não atreladas a geadas tardias, existe a possibilidade de antecipação do estabelecimento da cultura para o início de novembro (decêndio 31) ou manter o plantio a partir de 21/nov, escolhendo cultivares que produzam flores de qualidade com menor soma-térmica da que foi adotada como critério de risco para esse trabalho.

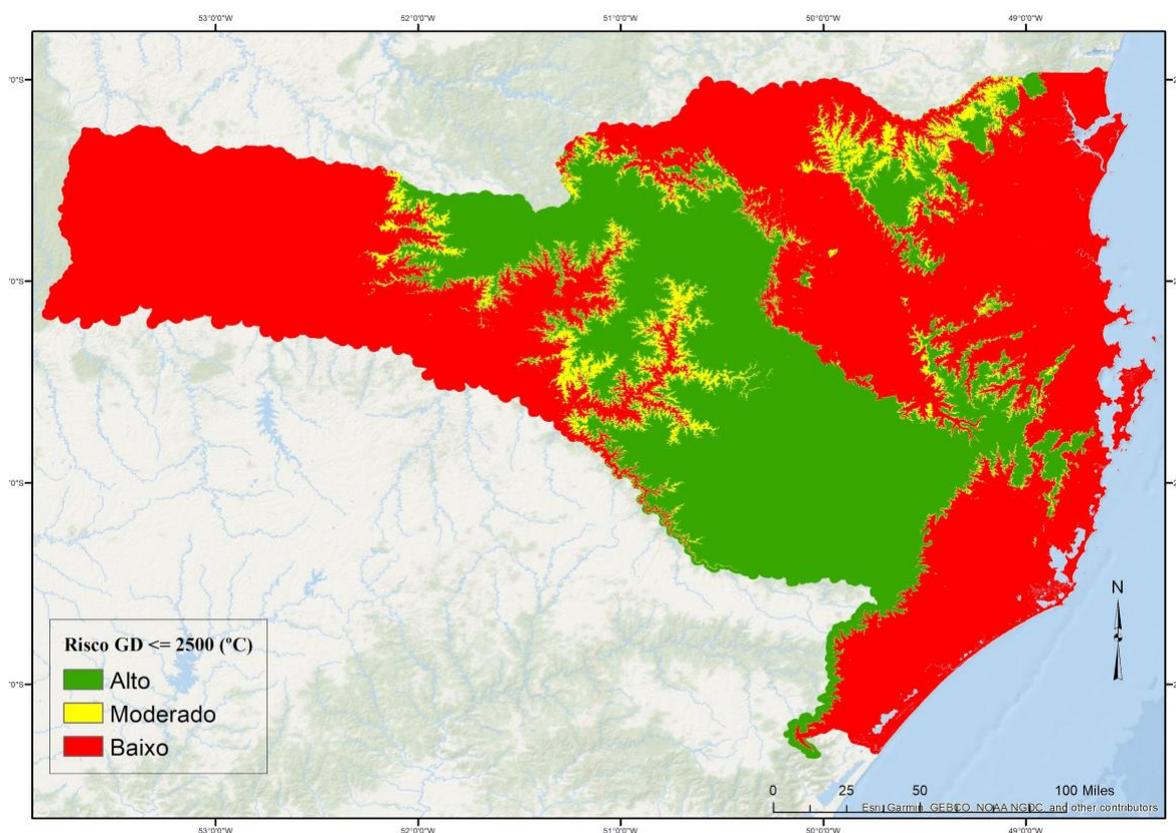


Figura 12. Probabilidade de ocorrência de soma térmica < 2500°C acumulada nos decêndios 33 a 08 (21/nov a 20/mar) em Santa Catarina (A). ($T_b = 1^\circ\text{C}$ e $T_B = 40^\circ\text{C}$) (B).

Por fim, a variável precipitação não foi considerada como risco climático para Santa Catarina pois, de acordo com Pandolfo et al. (2018) o estado apresenta precipitações totais anuais que variam de 1450 a 2400 mm por ano, o que, de forma genérica, não seria um limitante à cultura levando em consideração que ela é cultivada em regiões com disponibilidades bem menores e temperaturas mais elevadas. As demandas hídricas para a

cultura necessitam ser testadas e quantificadas em experimentos regionais em Santa Catarina, para que um detalhamento do balanço hídrico da cultura possa ser obtido, possibilitando identificar se existem diferenças entre as regiões e de que forma poderia impactar o cultivo.

Conclusões

A cultura da *Cannabis* spp. tem possibilidade de cultivo em todas as regiões do estado de Santa Catarina, desde que observadas as orientações técnicas relativas à escolha de genótipos, janelas de plantio e colheita, adoção de sistema de irrigação (quando necessário), entre outras, de acordo com os riscos inerentes a cada região. Dentro do período decendial elegido para estabelecimento e desenvolvimento da cultura, os critérios de fotoperíodo e de temperatura mínima absoluta (injúria por frio) não foram limitantes em nenhuma região do estado. Para o parâmetro crítico soma térmica, nas regiões em que o risco se apresenta alto, a limitação pode ser superada com a possibilidade de antecipação do estabelecimento da cultura.

Existem limitações de resolução espacial na base de dados climáticos e, para regiões com grande variação de altimetria e relevo, a avaliação dos riscos deve ser contextualizada com o conhecimento técnico regional. Ainda, para um aprofundamento do entendimento global dos riscos associados à cultura da cannabis no Estado, sugere-se a consideração de fatores edáficos e de pragas e doenças incidentes na cultura.

Este estudo não leva em conta as especificidades das diferentes variedades genéticas e foi desenvolvido com informações pesquisadas em literatura especializada, sistematização de dados técnicos e observações empíricas em cultivos de outros países, portanto, representa uma possibilidade para o Estado e deve ser revisada em função de dados que venham a ser gerados a partir de experimentos de campo e em função das respostas das cultivares em condições comerciais, uma vez regulamentadas.

Referências

ADWA Cannabis. Cannabis medicinal e industrial no Brasil potencial de cultivo. 2021. Disponível em: <<https://adwacannabis.com.br/relatorio-completo/>>. Acesso em: 20 de out. 2023.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], ano 2013, v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Disponível em:

https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 3 set. 2023.

AMADUCCI, S. et al. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. **Industrial Crops and Products**, v. 68, p. 2-16, 2015.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. 1 ed. 352p.

BONINI, S. A. et al. Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history. **Journal of ethnopharmacology**, v. 227, p. 300-315, 2018.

BROSÉUS, J.; ANGLADA, F.; ESSEIVA, P. The differentiation of fibre-and drug type Cannabis seedlings by gas chromatography/mass spectrometry and chemometric tools. **Forensic Science International**, v. 200, n. 1-3, p. 87-92, 2010.

DUKE, J.A. Ecosystematic Data on Medicinal Plants. Em: **Utilization of Medicinal Plants**. CK Atal & BM Kapur, eds. United Printing Press, New Delhi. 1982, p.13-23.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 20 out. 2023.

FASSIO, A.; RODRÍGUEZ, M. J.; CERETTA, S. Cáñamo (Cannabis sativa L.). **Ministério de Ganadería, Agricultura y Pesca**, Uruguai, n. 103, p. 1-96, 4. 2013.

FRAGA, P. C. P.; IULIANELLI, J. A. S. Plantios ilícitos de “cannabis” no Brasil: desigualdades, alternativa de renda e cultivo de compensação. **DILEMAS: Revista de Estudos de Conflito e Controle Social**, v. 4, n. 1, p. 11-40, 2011.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ. **Estado atual das evidências sobre usos terapêuticos da cannabis e derivados e a demanda por avanços regulatórios no Brasil**. 2023. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos_2/nt_canabinoides_20230419.pdf. Acesso em: 20 de mai. 2023.

GALIC, Andrei. Effects of Cold Temperature and Acclimation on Cold Tolerance and Cannabinoid Profiles of Cannabis sativa L. (Hemp). **Horticulturae**, v. 8, p. 1-16, 2022. Biotic and Abiotic Stress.. Acesso em: 8 de nov. 2023.

HALL, J et al. The effects of different sowing times on maturity rates, biomass, and plant growth of industrial fiber hemp. **Journal of Natural Fibers**, v. 10, n. 1, p. 40-50, 2013.

HARTSEL, J.A. et al. Cannabis in Veterinary Medicine: Cannabinoid Therapies for Animals. In: GUPTA, R., SRIVASTAVA, A., LALL, R. (eds). **Nutraceuticals in Veterinary Medicine**. Springer: Cham. p. 121-155, 2019.

KAYA MIND. **Anuário da Cannabis no Brasil 2022**. A regulamentação da cannabis no Brasil e seus desdobramentos no mercado. Disponível em: <https://kayamind.com/anuario-da-cannabis-no-brasil-2022/>. Acesso em: 20 out 2023.

LÓPEZ, Guadalupe Esther Ángeles. Cannabis sativa L., una planta singular. **Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas**, Distrito Federal, México, ano 2014, v. 45, n. 4, p. 1-7, 27 mar. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/579/57940028004.pdf>. Acesso em: 3 set. 2023.

MARIN, F. **Microclimatologia agrícola: introdução biofísica da relação planta-atmosfera**. 1 ed. Editora FEALQ, Piracicaba-SP, 2021.

MERFIELD, C.N. Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. Un reporte para el Curso de Liderazgo Rural de Kellogg. 34p. 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand. Acesso em: 05 ago 2023.

MISHCHENKO, S. et al. Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): codification and description according to the BBCH scale. **Žemės ūkio mokslai**, v. 24, n. 2, p. 31-36, 2017.

PANDOLFO, C.; MASSIGNAM, A. M.; RICCE, W. S.; VIANNA, L. F. N. **Total de deficiência hídrica anual para o estado de Santa Catarina**. In: DORTZBACH, D.; VIEIRA, H.J. (Orgs.). Boletim Ambiental. Síntese Trimestral: Verão 2018. Florianópolis: Epagri, 2018, 70p. (Epagri. Documentos, 283). Florianópolis: Epagri, 2018. 70 p. (Documento, 283).

PANDOLFO, C.; BRUGNARA, E. C.; RICCE, W. S.; VIANA, L. F. N.; LEITE, G. B. Risco climático para oliveira em Santa Catarina. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.29, e026930, 2021.

PILUZZA, G. et al. Differentiation between fiber and drug types of hemp (*Cannabis sativa* L.) from a collection of wild and domesticated accessions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 60, p. 2331–2342, 2013.

PURDUE UNIVERSITY. The hemp project: **general production information**. West Lafayette/IN: College of Agriculture, [2015?]. Disponível em: <https://ag.purdue.edu/hemp-project/production/general-information.html>. Acesso em: 31 jul. 2023.

SANTA CATARINA. Portal do Estado de Santa Catarina. **Geografia de Santa Catarina**, 2023. Disponível em: <https://estado.sc.gov.br/conheca-sc/geografia/> Acesso em: 3 ago. 2023.

SMALL, Ernest. Evolution and Classification of Cannabis sativa (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. **Botanic Review**, New York, v. 81, p. 189-294, 19 ago. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12229-015-9157-3>. Acesso em: 4 ago. 2023.

SPANO, M. et al. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) inflorescences as novel food: The effect of different agronomical practices on chemical profile. **Foods**, v. 11, n. 22, p. 3658, 2022.

STRUIK, P.C., Amaducci, S., Bullard, M.J., Stutterheim, N.C., Ventura, G., Cromack, H.T.H.. Agronomy of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. **Industrial Crops and Products** 11, p. 107-118. 2000

TRANCOSO, I. et al. Cannabis sativa L.: Crop management and abiotic factors that affect phytochemical production. **Agronomy**, v. 12, n. 7, p. 1492, 2022.

UBEED, Hebah Muhsien Sabiah Al *et al.* A Comprehensive Review on the Techniques for Extraction of Bioactive Compounds from Medicinal Cannabis. **Molecules**, v.27, n. 604, p. 1-18, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/3/604>. Acesso em: 7 nov. 2023.

USGS. **Shuttle Radar Topography Mission**. 3 Arc Second, Filled Finished 2.0, Global Land Cover Facility. Jet Propulsion Laboratory, California. California Institute of Technology, feb. 2006.

VALADÃO, D. V. **Mecanismos de Polinização**. Orientadora: Dulce Maria Succena da Rocha. 2003. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2003. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/2483/2/9914454.pdf>. Acesso em: 3 set. 2023.

VERGARA, Daniela et al. **Cannabis sativa L. Production Manual**: maximize yield, quality, profitability, and product integrity. New York: College of Agriculture and Life Sciences, 2023. 208 p.

ZHANG, Mengzi *et al.* Photoperiodic Flowering Response of Essential Oil, Grain, and Fiber Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 12, 2 ago. 2021. Crop and Product Physiology, p. 1-14. DOI <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.694153>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.694153/full>. Acesso em: 23 jul. 2023.