

APTIDÃO CLIMÁTICA PARA O CULTIVO EM SUCESSÃO SOJA-MILHO SAFRINHA EM CENÁRIOS FUTUROS EM SANTA CATARINA, BRASIL

ROSANDRO BOLIGON MINUZZI¹ E MURILO FRETTE JOSÉ²

¹ Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Catarina, Av. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, CEP: 88034-001, Florianópolis - SC, Brasil. E-mail: rbminuzzi@hotmail.com

² Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina, Av. Governador Ivo Silveira, 2320, Capoeiras, CEP: 88085-001, Florianópolis - SC, Brasil. E-mail: murilofretta@googlemail.com

1 RESUMO

O objetivo foi avaliar a aptidão climática em função da redução de produtividade para o cultivo em sucessão soja-milho safrinha em cenários futuros para o Estado Santa Catarina. Foram utilizados dados de precipitação, temperatura mínima e máxima do ar, em estações meteorológicas, localizadas em oito municípios do Estado, durante os anos de 1983 a 2014. Índices térmicos foram usados para definir a data de início das simulações em que o ciclo da soja pode iniciar e do milho safrinha terminar. Estes índices térmicos consideraram a probabilidade de ocorrência menor que 15% de temperatura mínima do ar ficar abaixo de 6 °C, sendo este indicativo de ocorrência de geada de radiação e de temperatura média diária do ar de 10 °C e 14 °C, como sendo as temperaturas basais inferior do milho e da soja, respectivamente. As simulações de redução na produtividade devido ao déficit hídrico para diferentes datas de semeadura da soja, e na sequência, para o milho safrinha, consideraram os cenários climáticos RCP4.5 e RCP8.5, à curto prazo e a médio prazo apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática. Os resultados indicam que apenas no oeste do Estado será possível adotar o cultivo em sucessão, sendo maior a janela de semeadura para as culturas, quanto maior o aumento da temperatura, da precipitação e do CO₂ projetados pelos cenários.

Palavras-chave: déficit hídrico, mudanças climáticas, semeadura, produtividade.

MINUZZI, R. B.; FRETTE JOSÉ, M.
CLIMATIC APTITUDE FOR GROWING SOYBEAN-CORN SUCCESSION IN
FUTURE SCENARIOS IN SANTA CATARINA, BRAZIL

2 ABSTRACT

The objective was to evaluate climatic aptitude due to yield decrease for soybean-maize succession crop in future scenarios for the State of Santa Catarina. Precipitation, minimum and maximum air temperature data from meteorological stations, located in eight cities of the State, were used during the years 1983 to 2014. Thermal indexes were used to define the start date of simulations in which soybean cycle can start and maize crop ends. These thermal indices considered the probability of occurrence of less than 15% of minimum air temperature to be below 6 °C, as indicative of occurrence of frost and average daily air temperature of 10 °C and 14 °C, as being the lower basal temperatures for maize and soybean, respectively. Simulations

of yield decrease due to water deficit for different dates of soybean sowing, and in the sequence, for maize crop, considered short-term projections and medium-term ones of the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The results indicate that only in the West of the State will it be possible to adopt crop in succession, the larger the sowing window for crops, the greater the increase in temperature, precipitation and CO₂ projected by the scenarios.

Keywords: water deficit, climatic change, sowing, yield.

3 INTRODUÇÃO

As modificações no comportamento climático observado nas últimas décadas e as projetadas para o futuro próximo, provavelmente trarão alterações no ciclo hidrológico, afetando o desenvolvimento das culturas, sua produção e o consumo de água (VÁRALLYAY, 2010).

No que tange a questão climática, é de consenso às incertezas nas projeções, principalmente, da precipitação, apesar dos avanços no campo da modelagem climática global e regional. Como exemplo, Valverde e Marengo (2010) utilizando cinco modelos globais do IPCC-AR4, destacam que os modelos climáticos globais utilizados ainda não conseguem reproduzir com alto grau de confiabilidade o padrão sazonal de precipitação que a climatologia observacional apresenta.

Uma vez que culturas em muitos países são cultivadas em temperaturas próximas do seu ótimo, mesmo um pequeno aumento de 1 ou 2 °C durante o ciclo pode reduzir a produção de grãos em grandes regiões agrícolas, como nas planícies ao Norte da China e da Índia e no Cinturão do milho nos Estados Unidos (BROWN, 2008).

No Brasil, a adoção de culturas e a área destinada a segunda safra (safrinha) tem aumentado gradativamente, sendo uma forma de otimizar a área agrícola e a renda do agricultor.

A produção média de 2003 a 2014 de soja e milho faz com que Santa Catarina ocupe a 10^o e 7^o posição, respectivamente,

como maior estado produtor do Brasil (IBGE, 2015). Posição expressiva se forem considerados as dimensões do Estado e áreas com relevo apto a adoção de culturas em grande escala. Quanto ao milho, esta posição poderia ser melhor se o cultivo da segunda safra fosse mais expressivo, principalmente por que o cereal é utilizado na fabricação de rações para animais domésticos, um setor em que o Estado se destaca no cenário nacional e mundial.

Num cenário que aponta para a necessidade no aumento da produção de alimentos, em razão do aumento populacional, a maior adoção da safrinha no sul do Brasil torna-se uma solução passível de ser adotada no futuro, desde que, as condições climáticas permitam. Esta indicação é possível através de zoneamento agroclimático que atualmente, não considera a sucessão de culturas, seja no clima atual quanto os projetados para o futuro.

Por isso a importância em estudos deste contexto no âmbito regional, para auxiliar agricultores e tomadores de decisões quanto às medidas de adaptação e mitigação, de maneira que a produção agrícola seja afetada de forma positiva, suprimindo a maior demanda e o aumento no preço dos alimentos previstos para o futuro próximo (CALZADILLA et al., 2013).

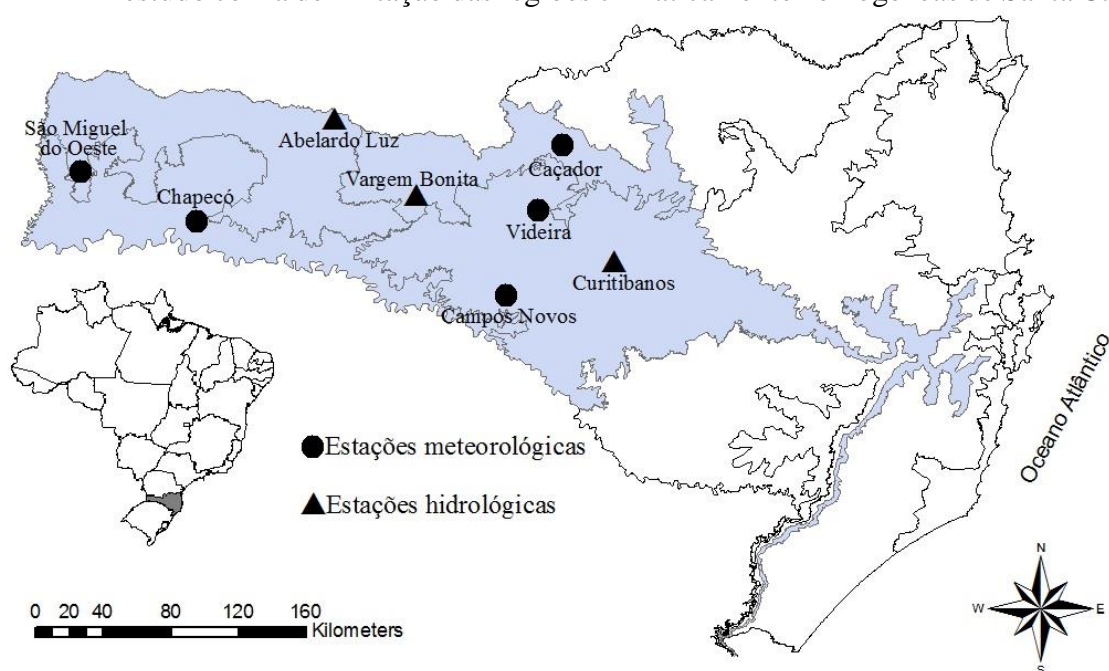
Assim, objetivou-se determinar a aptidão climática para o cultivo em sucessão soja-milho safrinha em cenários climáticos para as principais regiões produtoras das culturas no Estado de Santa Catarina.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados diários de precipitação, temperatura mínima e máxima do ar, durante os anos de 1983 a 2014, de estações pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa

Catarina (EPAGRI) e a Agência Nacional de Águas (ANA), localizadas nas principais regiões produtoras em grande escala de soja e milho no Estado de Santa Catarina (Figura 1). Nos municípios com estação hidrológica (pertencentes a ANA), a temperatura mínima e máxima do ar foram estimadas de acordo com as equações propostas por Massignam e Pandolfo (2006).

Figura 1. Localização geográfica das estações meteorológicas e hidrológicas utilizadas no estudo com a delimitação das regiões climaticamente homogêneas de Santa Catarina.



A análise inicial foi baseada em índices térmicos para definir a data de início das simulações quanto à redução de produtividade em que o ciclo da soja pode iniciar e do milho terminar nos cenários futuros. Esse critério considerou como favorável que em dado decêndio durante o ciclo da soja e do milho haja uma probabilidade conjunta de ocorrência menor que 15% de temperatura mínima do ar ficar abaixo de 6 °C, sendo este indicativo de ocorrência de geada de radiação (MINUZZI, 2009; SENTELHAS; ORTOLANI; PEZZOPANE, 1995) e de temperatura média diária do ar de 10 °C e

14 °C, como sendo as temperaturas basais inferior do milho e da soja, respectivamente. Cada resultado obtido foi empregado para os municípios com estação hidrológica que estavam na mesma região climaticamente homogênea (Figura 1).

As simulações consideraram os cenários climáticos apresentados no último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2013) baseadas nos valores do percentil 25% e 75% da distribuição do 'ensemble' entre os modelos utilizados para gerar os cenários RCP4.5 e RCP8.5, à curto prazo (2016-2035) e a médio prazo (2046-2065). O

primeiro cenário é relativamente mais otimista, por considerar que serão tomadas medidas para reduzir a emissão de CO₂, ao contrário do RCP8.5 que não serão tomadas medidas de mitigação contra as mudanças climáticas. Os desvios de temperatura do ar

e precipitação para a região sul do Brasil, são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2, baseados nos valores do percentil 25% e 75% do cenário RCP4.5 e RCP8.5.

Tabela 1. Desvios trimestrais de temperatura média do ar (°C) baseados nos percentis 25% e 75% projetados para a região sul do Brasil, pelo cenário RCP4.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065.

RCP4.5	Dez-Fev		Mar-Mai		Jun-Ago		Set-Nov	
	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
Período								
2016-2035	0,5	1,0	0,5	0,7	0,7	1,2	0,5	1
2046-2065	1,0	1,7	1,2	1,7	1,0	2,0	1,0	2,0
RCP8.5								
2016-2035	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7
2046-2065	1,7	3,5	1,7	2,5	1,7	2,5	1,7	2,5

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

Tabela 2. Desvios semestrais de precipitação (%) baseados nos percentis 25% e 75% projetados para a região sul do Brasil, pelo cenário RCP4.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065.

Período	RCP4.5				RCP8.5			
	Out-Mar		Abr-Set		Out-Mar		Abr-Set	
	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
2016-2035	-5	+5	-5	+5	-5	+5	-5	+5
2046-2065	-5	+15	-5	+15	+5	+15	-5	+15

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

A partir da primeira data que atenda o critério dos dois índices térmicos, foram feitas simulações para diferentes datas de semeadura da soja, espaçadas a cada 10 dias até o dia 20 de dezembro do ano representativo a curto (2025) e médio prazo (2055), para averiguar eventuais reduções de até 10% na produtividade (PICOLLI, 2011) por déficit hídrico como indicador da aptidão ou não. A data de semeadura do milho safrinha variou, sendo cinco dias após a colheita da soja e se estendendo até o dia 20 de março dos anos seguintes dos cenários a curto e médio prazos, sendo 2026 e 2056, respectivamente.

As simulações da produtividade foram realizadas utilizando o software AquaCrop 4.0, tendo como dados de

entrada, os parâmetros climáticos, características do solo e da cultura e informações sobre o manejo do solo, sendo os mais influentes na produtividade, descritos a seguir.

A precipitação efetiva foi determinada pelo método do USDA Soil Conservation Service (SCS), enquanto a evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada aplicando os dados de temperatura do ar na metodologia proposta Penman-Monteith (Padrão FAO-1998). As demais variáveis meteorológicas necessárias para o cálculo da ET_o foram estimadas mediante os procedimentos sugeridos por Allen et al. (1998).

Para o valor de CO₂ nos cenários futuros a curto e médio prazo, considerou-

se, respectivamente, as projeções dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 feitas para os anos 2025 (425,8 ppm e 433,3 ppm) e 2055 (499,55 ppm e 572 ppm), como sendo representativos dos referidos períodos.

Foi considerada a densidade de plantas da soja e do milho, de 333 mil plantas.ha⁻¹ e 75 mil plantas.ha⁻¹. A cobertura máxima do dossel foi de 100% e 85% e a profundidade máxima possível do sistema radicular efetivo de 70 cm e 50 cm, respectivamente, para a soja e o milho.

A duração do ciclo das culturas foi obtida pelo cálculo dos graus-dias acumulado (GDA), usando o método proposto por MacMaster e Wilhelm (1997), com a modificação de que nenhum ajuste é feito a temperatura mínima quando ela fica abaixo da temperatura basal inferior. O acúmulo térmico necessário para as culturas atingirem determinadas fases fenológicas e, conseqüentemente, a duração do ciclo, a partir da semeadura, foi obtido executando o modelo pela primeira vez, considerando a duração dos estádios fenológicos em dias para uma cultivar de soja de ciclo médio e do milho de ciclo precoce.

Em seguida, os parâmetros foram convertidos automaticamente em unidades

térmicas baseada no conceito dos graus dia (GD). Esta parametrização foi realizada, considerando que a temperatura crítica inferior, não é um fator limitante para a soja e o milho no clima de Santa Catarina e período em que foram feitas as simulações (STEDUTO et al., 2012).

As simulações para cada data de semeadura e determinado local, foram feitas para três tipos do solo de acordo a sua textura, sendo: textura arenosa, textura média e textura argilosa. Considerou-se que o solo possuía uma cobertura de 85% de matéria orgânica, como forma de referenciar as simulações para cultivo em sistema de 'plantio direto'. Foi desconsiderada a existência de estresse por salinidade e/ou fertilidade do solo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo como referência os resultados da análise prévia quanto a aptidão térmica, as Tabelas 3 e 6 apresentam, os períodos aptos para a semeadura em sucessão soja-milho safrinha em sistema de plantio direto de acordo com as projeções baseadas nos cenários RCP4.5 e RCP8.5.

Tabela 3. Aptidão para semeadura no cultivo em sucessão soja-milho safrinha nos municípios catarinenses em estudo, de acordo com o cenário RCP4.5 a curto prazo (2025) baseado nos percentis 25% e 75% para solos com diferentes texturas.

Semeadura	Município	Solo (textura)	Perc.
1º/out-10/out (soja) e 11/jan-20/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Média/Argilosa	25%
1º/set-10/out (soja) e 11/dez-20/jan (milho)	Chapecó	Média	75%
21/set-31/out (soja) e 1º/jan-10/fev (milho)	São Miguel do Oeste	Média	75%
11/set-10/out (soja) e 21/dez-20/jan (milho)	Chapecó	Argilosa	75%
11/out-20/out (soja) e 21/jan-31/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Argilosa	75%

Tabela 4. Aptidão para semeadura no cultivo em sucessão soja-milho safrinha nos municípios catarinenses em estudo, de acordo com o cenário RCP4.5 a médio prazo (2055) baseado no percentil 75% para solos com diferentes texturas.

Semeadura	Município	Solo (textura)	Perc.
11/set-20/set (soja) e 1º/jan-10/jan (milho)	Chapecó	Arenosa	75%
21/set-30/set (soja) e 1º/jan-10/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Arenosa	75%
1º/set-20/out (soja) e 21/dez-31/jan (milho)	Chapecó	Média	75%
21/set-20/out (soja) e 1º/jan-31/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Média	75%
21/set-20/out (soja) e 1º/jan-31/jan (milho)	Chapecó	Argilosa	75%
21/set-31/out (soja) e 1º/jan-10/fev (milho)	São Miguel do Oeste	Argilosa	75%

Tabela 5. Aptidão para semeadura no cultivo em sucessão soja-milho safrinha nos municípios catarinenses em estudo, de acordo com o cenário RCP8.5 a curto prazo (2025) baseado no percentis 25% e 75% para solos com diferentes texturas.

Semeadura	Município	Solo(textura)	Perc.
1º/set-10/set (soja) e 21/dez-31/dez (milho)	Chapecó	Arenosa	25%
21/set-10/out (soja) e 1º/jan-20/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Média	25%
1º/out-31/out (soja) e 11/jan-31/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Média	75%
11/out-10/nov (soja) e 11/jan-10/fev (milho)	Chapecó	Média	75%
11/out-10/nov (soja) e 11/jan-10/fev (milho)	Chapecó	Argilosa	75%
11/out-31/out (soja) e 21/jan-31/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Argilosa	75%

Tabela 6. Aptidão para semeadura no cultivo em sucessão soja-milho safrinha nos municípios catarinenses em estudo, de acordo com o cenário RCP8.5 a médio prazo (2055) baseado no percentis 25% e 75% para solos com diferentes texturas.

Semeadura	Município	Solo(textura)	Perc.
21/out-31/out (soja) e 21/jan-31/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Arenosa	25%
21/out-10/nov (soja) e 21/jan-10/fev (milho)	Chapecó	Arenosa	25%
21/set-10/nov (soja) e 1º/jan-10/fev (milho)	São Miguel do Oeste	Média	25%
1º/out-10/nov (soja) e 1º/jan-10/fev (milho)	Chapecó	Média	25%
1º/out-10/nov (soja) e 1º/jan-10/fev (milho)	Chapecó	Argilosa	25%
11/out-10/nov (soja) e 21/jan-10/fev (milho)	São Miguel do Oeste	Argilosa	25%
11/set-20/nov (soja) e 21/dez-20/jan (milho)	São Miguel do Oeste	Arenosa	75%
1º/set-30/set (soja) e 11/dez-10/jan (milho)	Chapecó	Média	75%
11/set-20/nov (soja) e 21/dez-20/fev (milho)	São Miguel do Oeste	Média	75%
1º/out-10/nov (soja) e 11/jan-10/fev (milho)	São Miguel do Oeste	Argilosa	75%

Apenas as regiões de Chapecó e São Miguel do Oeste apresentaram aptidões climáticas, sendo maior a janela de semeadura para as culturas, quanto maior o aumento da temperatura, da precipitação e do CO₂ projetados pelos cenários. Apesar de estas aptidões terem ficado restritas a estas duas localidades, é um ganho em consideração que na atual condição climática das regiões analisadas neste estudo, nenhuma localidade apresentou aptidão para este tipo de cultivo em sucessão durante a ‘safra de verão’.

Fica perceptível a influência dos dois elementos climáticos (temperatura do ar e precipitação) nos resultados das simulações, pois nas projeções com percentil 25% que indicam redução na precipitação e aumento da temperatura (unânime em todos os cenários), houve poucas situações de aptidão. No que concerne à temperatura, o seu aumento resulta numa maior perda de água por

evapotranspiração que somado à diminuição na precipitação, ocasiona queda na produtividade por déficit hídrico.

Em contrapartida, os cenários baseados no percentil 75% que indicam aumento da precipitação e da temperatura do ar são mais favoráveis. Mesmo que resulte num aumento da evapotranspiração em resposta a temperatura, esta tendência térmica ocasiona diminuição no ciclo das culturas, tendo em vista que o seu cálculo foi baseado no conceito dos graus-dia acumulado, que considera apenas os dados de temperatura do ar. Assim, mais cedo a cultura vai atingir o seu requerimento de energia para completar seu ciclo, diminuindo a probabilidade de ultrapassar a data limite imposta na primeira análise deste estudo quanto à aptidão térmica.

Iglesias et al. (2012) destacam que os impactos das mudanças climáticas na produção agrícola na Europa, são rigorosamente associadas com a demanda e

a disponibilidade de fontes de água. Dentre as principais consequências das mudanças climáticas no uso de água para a agricultura europeia, os autores destacam: um aumento na demanda por água em todas as regiões devido ao aumento da evapotranspiração das culturas em resposta ao aumento da temperatura e; aumento na escassez de água. Bergamaschi e Matzenauer (2009) destacaram que, em geral, as condições hídricas foram as que mais afetaram a produção do milho no Rio Grande do Sul, citando as reduções nas safras de 1995/96, 1996/97, 1998/99, 1999/00 e 2004/05, em consequência das secas. Talvez por isso, mesmo com aumento da temperatura do ar e redução no ciclo, não seja o suficiente para ter influência negativa na produtividade.

Siqueira, Farias e Sans (1994) trabalhando com projeções médias resultantes de três modelos de circulação atmosférica para 13 locais distribuídos pelo Brasil, encontraram que em decorrência da elevação da temperatura, foram encontradas diminuição no ciclo fenológico (15%) e na produtividade de milho (em média de 20%) no Centro-Sul do país. Considerando os efeitos fisiológicos do CO₂ (de 330 ppm para 550 ppm), as reduções projetadas na produtividade, são menores quando comparadas com os resultados oriundos somente de cenários climáticos. Os decréscimos ao longo do período analisado (1990-2060) foram mais expressivos na região Centro-Sul, principalmente após 2030. Minuzzi (2013) encontrou um coeficiente de determinação (R²) de 0,89, estatisticamente significativo ao nível de 0,01, na correlação entre a duração do ciclo com a biomassa e/ou produtividade do milho para o Centro Sul do Brasil, ou seja, uma redução no ciclo da cultura implicaria no decréscimo da produtividade. Alambert (2010) verificou redução no ciclo da soja com o aumento da temperatura média do ar e proporcionalmente, redução nas produtividades de grãos e de óleo de soja ao longo de diferentes datas de semeadura

realizadas em Piracicaba, Estado de São Paulo.

No entanto, Schöffel e Volpe (2002) mostraram que as maiores produtividades de grãos de soja foram obtidas nas épocas em que a eficiência de conversão de graus-dia para produção de matéria seca, também foi mais acentuada, sugerindo que a produtividade pode estar associada com o acúmulo térmico e com a matéria seca produzida.

Ressalta-se que estas simulações para o cultivo em sucessão soja-milho safrinha são baseadas num sistema de plantio direto. No entanto, a sua aplicação para o sistema convencional não deve ser muito distinta em termos de resposta à mudança de temperatura do ar, tendo em vista que, esses diferentes sistemas de plantio terão influência significativa apenas na temperatura do solo e na evaporação. Muller et al. (2015) atestam esta igualdade da temperatura do ar ao encontraram acúmulo térmico igual para uma variedade de soja atingir três estádios fenológicos independente do sistema de plantio. Porém, em consideração aos cenários com diminuição na precipitação, as aptidões climáticas seriam menores se as simulações considerassem sistema de plantio convencional, em função da maior perda de água do solo por evaporação, que aumentaria as perdas na produtividade por déficit hídrico.

Quanto aos solos, em 75% dentre todas as projeções que apresentaram aptidão será possível adotar o cultivo em sucessão em áreas do oeste catarinense com solos de textura média e argilosa, que são os predominantes na região.

No comparativo entre as simulações baseadas nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, o diferencial se restringe as maiores temperatura do ar e concentração de CO₂ previstas pelo cenário RCP8.5. Por isso, as janelas para aptidão do cultivo soja-milho safrinha são discretamente maiores para as projeções pelo RCP8.5 (Tabela 5 e 6).

Ainda assim, as regiões de São Miguel do Oeste e Chapecó são as únicas em que será viável a adoção do cultivo de duas “safras de verão”, com as semeaduras para a soja variando de meados de setembro a outubro baseado no cenário RCP4.5 e de meados de setembro a novembro baseado no cenário RCP8.5. Na sequência, a semeadura do milho estará variando do final de dezembro a meados de fevereiro em ambos os cenários. Sendo a área central do estado climaticamente mais fria em relação ao oeste, mesmo com a projeção de maiores temperaturas e concentração de CO₂, a curto ou em médio prazo não haverá aptidão para o cultivo em sucessão soja-milho safrinha em sistema de plantio direto.

Além de propiciar aos envolvidos do setor agrícola adotar medidas de adaptação e, ou de mitigação para o futuro a curto e médio prazos, este estudo oferece novas metodologias para zoneamento

agroclimático, como exemplo, a consideração de dois cultivos em sucessão e a redução na produtividade como indicador de aptidão.

6 CONCLUSÕES

A adoção do cultivo em sucessão soja-milho safrinha será possível nas regiões de Chapecó e de São Miguel do Oeste, quanto maior for o aumento da temperatura, da precipitação e do CO₂ projetados pelos cenários climáticos.

As semeaduras para a soja irão variar de meados de setembro a outubro baseado no cenário RCP4.5 e de meados de setembro a novembro baseado no cenário RCP8.5, enquanto a semeadura do milho safrinha estará variando do final de dezembro a meados de fevereiro em ambos os cenários.

7 REFERÊNCIAS

ALAMBERT, M. R. **Estimação estocástica de parâmetros produtivos da soja**: uso do modelo PPDSO em um estudo de caso em Piracicaba-SP. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. Roma: FAO, 1998. 297 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 56). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>>. Acesso: 25 nov. 2009.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

BROWN, L. R. **Plan B 3.0 – Mobilizing to save civilization**. New York: W.W. Norton & Company, 2008. 398 p.

CALZADILLA, A.; REHDANZ, K.; BETTS, R.; FALLON, P.; WILTSHIRE, A.; TOL, R. S. J. Climate change impacts on global agriculture. **Climatic Change**, New York, v. 120, p. 357-374, 2013.

IGLESIAS, A.; QUIIROGA, S.; MONEO, M.; GARROTE, L. From climate changes impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europa. **Climatic Change**, New York, v. 112, p. 143-168, 2012.

IPCC. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5. In: VAN OLDENBORGH, G. J. et al. (Ed.). **Climate change 2013: The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. STOCKER, T. F. et al. (Ed.) Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_AnnexI_FINAL-1.pdf>. Acessado: 07 de maio de 2014.

IBGE. **Banco de dados agregados SIDRA**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso: 5 jun. 2015.

MASSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C. **Estimativa das médias das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar decendiais e anuais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2006. 26 p.

McMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 87, p. 291-300, 1997.

MINUZZI, R. B. Cenários climáticos, a demanda de água e características fenológicas do milho no Centro Sul do Brasil. In: LANA, R. P.; GUIMARÃES, G.; LIMA, G. S. **Multifuncionalidades sustentáveis no campo: agricultura, pecuária e florestas**. Viçosa: UFV, 2013. p. 149-177.

MINUZZI, R. B. Comportamento da temperatura negativa de relva e suas relações com a temperatura mínima de abrigo em Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 1., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009. 1 CD-ROM.

MULLER, A. G.; OLIVEIRA, A. D.; GUIMARÃES, D. G.; LIMA, A. S.; DIAS, W. S. R.; SOUSA, C. A. N. Efeito das condições térmicas no crescimento e desenvolvimento da soja avaliado em sistema de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19., 2015, Lavras. **Anais...** Lavras: SB Agro, 2015. p. 109-116.

PICOLLI, J. H. **Avaliação da viabilidade da instalação de sistema de pivô central na região de Campos Novos (SC)**. 2011. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Relação entre soma térmica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, p. 89-96, 2002.

SENTELHAS, P. C.; ORTOLANI, A. A.; PEZZOPANE, J. R. M. Estimativa da temperatura mínima de relva e da diferença de temperatura entre abrigo e a relva, em noites de geadas. **Bragantia**, Campinas, v. 54, p. 437-445, 1995.

SIQUEIRA, O. J. F.; FARIAS, J. R. B.; SANS, L. M. Potential effects of global climate change for Brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 115-129, 1994.

STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; PAES, D. **Crop yield response to water**. Roma: FAO, 2012. 502 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 66).

VALVERDE, M. C.; MARENGO, J. Mudanças na Circulação Atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, p. 125-145, 2010.

VÁRALLYAY, G. The impact of climate change on soils and on their water management. **Agronomy Research**, Tartu, v. 8, p. 385-396, 2010.