

# PRODUTO 2

## RECOMENDAÇÃO DE DATA DE SEMEADURA BASEADA EM INDICADOR TEMPORAL DE PRODUTIVIDADE E CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

### Contratada:

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ  
Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ

### Execução:



### Contratante:



Inversión Pública & Adaptación al  
Cambio Climático en América Latina

Piracicaba, São Paulo  
Novembro de 2018

## **Sumário**

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. CENÁRIOS CLIMÁTICOS E DE CONCENTRAÇÃO DE CARBONO .....	4
3. RESOLUÇÃO ESPACIAL .....	7
4. SIMULAÇÕES COM OS MODELOS AGRÍCOLAS .....	8
5. RESULTADOS .....	9
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	12

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com os Termos de Referência do Projeto intitulado “Investimento Público e Adaptação à Mudança do Clima na América Latina (IPACC II)”, PN: 2014.9049.9-002:

“No marco de implementação do projeto IPACC II, as contrapartes principais do Brasil, o Ministério de Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MP), o Ministério da Fazenda (MF) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), identificaram o setor agrícola como sendo um dos setores que aloca altos níveis de investimento público e privado, e ao mesmo tempo sendo um dos setores de maior vulnerabilidade aos efeitos da mudança do clima. Tais condições motivaram a execução de uma iniciativa piloto, conjuntamente com o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com a finalidade de inserir a gestão do risco climático nos instrumentos de análise de investimentos no setor e, desta forma, complementar o instrumento atualmente utilizado Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) buscando aprimorá-lo a partir da criação de recomendações de novas metodologias científicas, como suporte à política de gestão agrícola.”

O objetivo geral do projeto é desenvolver um conjunto de recomendações visando reduzir as perdas agrícolas associadas aos efeitos da mudança do clima e que contribuam para uma alocação eficiente dos investimentos públicos e privados na agricultura. Como objetivo específico encontra-se o produto 2: “Recomendação de data de semeadura baseada em indicador temporal de produtividade e cenários de mudanças climáticas”.

## 2. CENÁRIOS CLIMÁTICOS E DE CONCENTRAÇÃO DE CARBONO

A abordagem utilizada para seleção dos Modelos de Circulação Global (GCMs) a serem considerados neste projeto baseou-se no protocolo proposto pelo Projeto AgMIP que, por sua vez, vale-se do conceito de *Representative Climate Futures* (RCF) proposto por Whetton et al, 2012)<sup>1</sup>. A justificativa para o uso da abordagem RCFs está em se reduzir o tempo e a capacidade computacional necessária para as simulações e assim produção de uma grande quantidade de dados similares entre si. Além disso, dado que as projeções climáticas de longo prazo carregam incertezas e dado que a finalidade de estudos de vulnerabilidade climática como no presente projeto é a geração de cenários agrícolas futuros, a abordagem RCF é suficientemente robusta para permitir a avaliação de cenários futuros para a cultura da soja para o Estado do Paraná, assim como largamente utilizado na literatura científica<sup>2</sup> e proposto do termo de referência do presente projeto. Com base nesta abordagem, foram gerados um cenário otimista (com o GCM de menor variação em relação a linha de base), intermediários

---

<sup>1</sup> Whetton, P., Hennessy, K., Clarke, J., McInnes, K., Kent. D. 2012. Use of Representative Climate Futures in impact and adaptation assessment. *Climatic Change*. 115(3–4), 433–442.

<sup>2</sup> Inúmeros estudos científicos publicados em periódicos internacionais de alto impacto valem-se da mesma abordagem usada neste projeto, citando-se como exemplos os seguintes:

- Marin, F.R., J.W. Jones, A. Singels, F. Royce, E.D. Assad, G.O. Pellegrino, and F. Justino. 2013. Climate change impacts on sugarcane attainable yield in Southern Brazil. *Climatic Change* 117: 227–239.
- Rosenzweig, C., Jones, J. W., Hatfield, J. L., Ruane, A. C., Boote, K. J., Thorburn, P., ... Winter, J. M. (2013). The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 166–182. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.09.011>
- Singels, A., Jones, M., Marin, F., Ruane, A., & Thorburn, P. (2014). Predicting Climate Change Impacts on Sugarcane Production at Sites in Australia, Brazil and South Africa Using the Canegro Model. *Sugar Tech*, 16(4). <https://doi.org/10.1007/s12355-013-0274-1>
- Wilby, R.L., S. Charles, E. Zorita, B. Timbal, P. Whetton, and L. Mearns. 2004. Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Supporting Material, available from the Data Distribution Centre of the IPCC Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TG CIA), [http://www.ipcc-data.org/guidelines/dgm\\_no2\\_v1\\_09\\_2004.pdf](http://www.ipcc-data.org/guidelines/dgm_no2_v1_09_2004.pdf).

e pessimistas (com base no GCM de maior variação em relação a linha de base) de produtividade futura da cultura da soja.

A variável de verificação utilizada como referência para a geração dos RCFs foi a temperatura do ar, por se tratar de variável climática que expressa a quantidade de energia no ambiente para a realização dos processos atmosféricos e que está fortemente correlacionada com a chuva e com a própria irradiância solar global. Vale lembrar que a temperatura, radiação solar e chuva são as variáveis de entrada para os modelos agrícolas utilizados neste projeto (DSSAT e APSIM, descritos mais a frente neste documento). Assim, com base na abordagem RCF e tendo a temperatura do ar como variável-critério, a partir de uma análise das base de dados do Paraná foram selecionados três GCMs, representado, como já mencionado, o modelo com a maior variação de temperatura em relação a linha de base, o modelo com a menor variação e, por fim, um modelo utilizando uma variação intermediária entre dois anteriores, dentre os 20 disponíveis AGMIP. Além desses três GCMs, incluiu-se um quarto modelo (HadGem2), por solicitação da equipe gestora do por ocasião da reunião de março de 2018. Assim, trabalhou-se com quatro bases de dados climáticos originados dos seguintes GCM's:

1. GCM de variação mínima em relação a LB: MIROC5;
2. GCM de variação média em relação a LB: BNU-ESM;
3. GCM de variação máxima em relação a LB: CanESM2.
4. GCM adicional: HadGem2

Para cada um dos 4 GCMs selecionados, considerou-se 2 níveis de concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, de modo a representar as forçantes radioativas descritas nos *Representative Concentration Pathways* (RCPs) 4.5 e 8.5. Assim, para efeito de simulação, foram assumidos

os níveis de concentrações de CO<sub>2</sub> de 526 ppm (RCP 4.5) e 628 ppm (RCP 8.5), constituindo-se dessa forma, para cada local selecionado, 9 bases climáticas (1 atual e 8 futuros), como mostrado na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta a variações médias de temperatura e chuva associadas a cada um dos GCM's selecionados.

Tabela 1. Relação de GCM's e RCP's utilizados nas simulações com os modelos agrícolas.

<b>Base climática</b>	<b>Clima Atual</b>	<b>Cenário Futuro/GCM</b>	<b>RCP</b>
1	Linha de base	--	--
2	--	MIROC5	4.5
3	--	MIROC5	8.5
4	--	BNU-ESM	4.5
5	--	BNU-ESM	8.5
6	--	CanESM2	4.5
7	--	CanESM2	8.5
8	--	HadGem2	4.5
9	--	HadGem2	8.5

Tabela 2. Variação em relação a linha de base de temperatura do ar e chuva total para o Estado do Paraná associada a cada CGM selecionados a partir da metodologia proposta por Hudson & Ruane (2013)<sup>3</sup>.

<b>Base climática</b>	<b>Variação de temp. (°C)</b>	<b>Variação de chuva (%)</b>
2	0.9752	8.653%
3	1.6816	3.780%
4	1.7951	-5.737%
5	2.2237	-5.482%
6	2.8691	0.136%

<sup>3</sup> Hudson, N; Ruane, A. 2013. Guide for Running AgMIP Climate Scenario Generation Tools with R in Windows. Disponível em <http://www.agmip.org/wp-content/uploads/2013/10/Guide-for-Running-AgMIP-Climate-Scenario-Generation-with-R-v2.3.pdf>

7	3.9698	4.974%
8	2.3108	18.774%
9	3.1621	6.821%

### 3. RESOLUÇÃO ESPACIAL

Referente a resolução espacial dos mapas finais, considerando-se que a base de dados climáticos obtidos para a simulação da linha de base (densidade de 142 pontos de dados distribuídos no Estado do Paraná), isso permitiu gerar mapas com resolução de até 1,6 km de resolução<sup>4</sup>, portanto com maior nível de informação espacial do que o proposto inicialmente no termo de referência, que era de 5 km. Os métodos de downscaling podem ser de natureza dinâmica (e.g. valendo-se de modelo climáticos regionais) ou estatísticos (i.e. utilizando estatísticas climáticas históricas e informações sobre mudanças climáticas projetadas) ou ainda uma combinação de ambos. Assim, em acordo com os protocolos da principal referência científica mundial sobre estudos no campo da modelagem agrícola aplicada à mudança do clima - o programa AgMIP ([www.agmip.org](http://www.agmip.org)) e conforme descrito em Hudson & Ruane (2013)<sup>5</sup> e Ruane et al. (2013)<sup>6</sup>, neste projeto utilizou-se da abordagem estatística para a geração de cenários climáticos futuros que, por sua vez, baseiam-se na premissa de que o clima regional é condicionado por dois fatores principais: as condições climáticas de larga escala e as feições fisiografias (topografia, uso do solo, continentalidade/oceanidade), de modo que a informação climática é determinada, a princípio, por um modelo estatístico que

<sup>4</sup> Como disponível nas ferramentas de cartografia do software ArcGIS e detalhado em <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/mapping/choosing-an-appropriate-cell-size-when-interpolating-raster-data/>

<sup>5</sup> Hudson, N; Ruane, A. 2013. Guide for Running AgMIP Climate Scenario Generation Tools with R in Windows. Disponível em <http://www.agmip.org/wp-content/uploads/2013/10/Guide-for-Running-AgMIP-Climate-Scenario-Generation-with-R-v2.3.pdf>

<sup>6</sup> Ruane, A.C., J.M.Winter, S.P.McDermid, N.I.Hudson. 2013. AgMIP Climate Data and Scenarios for Integrated Assessment. Chapter 3. Handbook of Climate Change and Agroecosystems.

relaciona as variáveis climáticas de larga escala (no caso deste projeto, os dados oriundos dos GCMs com as variáveis locais (base de dados que compõem a linha de base de cada uma das 142 estações meteorológicas utilizadas). Assim, os dados dos GCMs alimentam um modelo estatístico que estima o clima regional, considerando a estrutura temporal da série da linha de base. O ponto forte desta abordagem é permitir a obtenção de dados para localidades específicas (pontos ou bacias hidrográficas de pequena escala), como é o caso da abordagem utilizada neste projeto. Ademais, este método já leva em conta a correção de possíveis erros sistemáticos dos modelos, fazendo a geração dos cenários futuros a partir da perturbação estatística originada a partir dos GCM's sobre a série climática da linha de base, e não usando os dados futuros gerados pelos modelos propriamente ditos, o que permite fazer a comparação entre cenários agrícolas futuros e atuais com a devida coerência técnica.

#### **4. SIMULAÇÕES COM OS MODELOS AGRÍCOLAS**

Após a constituição da base climática, foi feita organização da base de solos do Paraná em três tipos de solos conforme classe textural (arenoso, médio, argiloso) também foram estabelecidos foram três tipos de materiais genéticos (ciclo precoce, médio e tardio) representando os diferentes tipos de comprimentos de ciclo da soja no Estado do Paraná. Os modelos parametrizados foram *DSSAT/CropGro-Soybean* e o modelo *APSIM-Soybean* e todas as simulações foram feitas com ambos os modelos em paralelo. Um terceiro cenário agrícola futuro foi gerado a partir da média dos dois modelos (DSSAT e APSIM). Por fim, para cada cenário climático, cada tipo de solo e cada genótipo foram simuladas 16 datas de semeadura, em passos decendiais (ou seja, a cada 10 dias), entre agosto e dezembro de cada ano da base de dados (30 anos, entre 1980 e 2010).



## 5. RESULTADOS

Tais simulações geraram um banco de dados que foi analisado para a geração das zonas homogêneas de risco conforme descrito na próxima seção deste documento. Além disso, as simulações foram organizadas e os dados apresentados da forma de mapas de produtividade, risco climático e zonas homogêneas e disponibilizadas no portal do Sistema Tempocampo-ESALQ ([www.tempocampo.org](http://www.tempocampo.org)) e podem ser acessado utilizando-se os seguintes dados:

login: GIZ\_TC

senha: #giztc2018

Como já mencionado, os mapas foram gerados para cada data de semeadura, tipo de solo e material genético utilizando os dois modelos baseados em processos (DSSAT-Cropgro e APSIM-Soybean), além da média entre esses dois modelos, utilizando as bases climáticas oriundas da linha de base e dos oito GCM/RCP's selecionados. Entende-se, com base no que foi proposto no termo de referência do projeto e na descrição metodológica e produtos gerados, que este produto está finalizado. Um exemplo de mapa disponível no repositório do Sistema Tempocampo é apresentado nas Figuras 1 e 2 descrevem a variação espacial da produtividade simulada com a média dos modelos agrícolas utilizados na simulação, para duas datas de semeadura (21/10 e 21/12), solos de textura média e cultivares de ciclo longo (tardio).

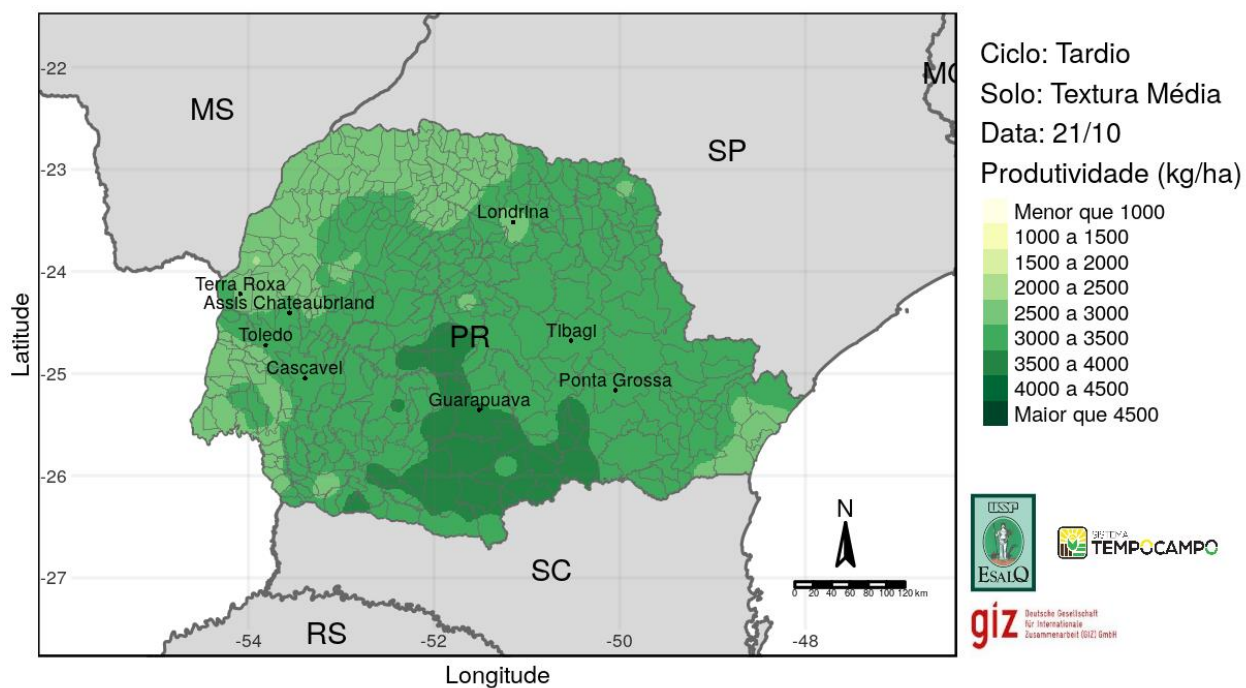


Figura 1. Mapa da produtividade média simulada com os modelos Apsim-Soybean e DSSAT/Cropgro semeada em 21/10 em solos de textura média e cultivares de ciclo longo.

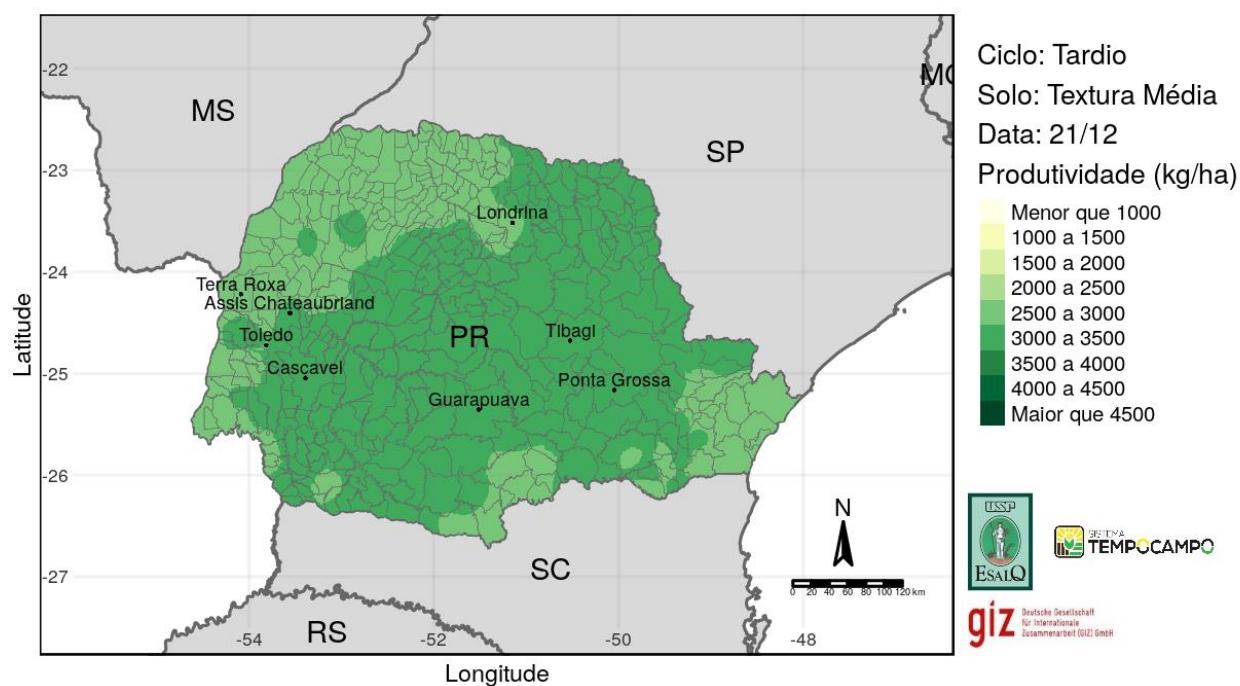


Figura 2. Mapa da produtividade média simulada com os modelos Apsim-Soybean e DSSAT/Cropgro semeada em 21/12 em solos de textura média e cultivares de ciclo longo.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os requisitos expressos no termo de referência relativo a este produto foram cumpridos integralmente e a qualidade das simulações é avaliada de forma positiva, ainda que esta análise seja ainda preliminar. Os resultados estão todos disponíveis no repositório do Sistema Tempocampo e também podem ser baixadas integralmente no weblink abaixo apresentado. Destaca-se que neste weblink pode-se também fazer o download integral das tabelas de dados e mapas referente aos produtos 2, 3, 4 e 5.

<https://drive.google.com/drive/folders/1dZ-Pnx7oO5DDnxliMLAhgORliK5RX6Sc>