

Estudos de análise do risco rural associado à mudança do clima e proposta metodológica de precificação do risco para o Estado do Paraná

Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ



Projeto: Investimento Público e Adaptação à Mudança do Clima na América Latina (IPACC II)
Número do Projeto: 2014.9049.9-002.00

Produto 1/10 - Plano de trabalho detalhado para desenvolvimento dos produtos

Execução:



Contratante:

giz

Piracicaba, março de 2018

Estudos de análise do risco rural associado à mudança do clima e proposta metodológica de precificação do risco para o Estado do Paraná

Apresentação

Atualmente, a principal ferramenta indicativa dos riscos climáticos envolvidos na produção é o ZARC, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As informações do ZARC são referência para o enquadramento de operações no Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e no Programa de Subvenção Econômica ao Prêmio do Seguro Rural (PSR). Apesar de o ZARC ser um instrumento de reconhecida utilidade, não está diretamente relacionado à dinâmica atuarial dos programas supramencionados, ou seja, o risco apresentado pelo ZARC não reflete exatamente o risco verificado no âmbito dos programas, apesar de terem relativa correlação.

O considerável volume de recursos investidos no Proagro e no PSR reforçam a importância de uma análise de riscos mais acurada. Para aumentar a eficácia na mensuração dos riscos e, conseqüentemente, na alocação desses recursos, é fundamental lançar mão de modelos que sejam capazes de identificar regiões homogêneas de risco, estabelecer períodos críticos dos cultivos (para nortear ações visando a redução das perdas associadas à produção), assim como definir áreas de adaptação para sistemas produtivos adaptados aos cenários de mudanças climáticas. Com o desenvolvimento de novas metodologias, visa-se suprir tais deficiências, dando suporte para precificar o risco agrícola e os produtos oferecidos pelo mercado de seguros, e assim tornar mais efetivos o planejamento e a execução dos investimentos públicos e privados no setor.

Há décadas a modelagem agrícola baseada em processos biofísicos (*Process based crop modeling*, do inglês) vem sendo estudada e desenvolvida (De Wit, 1965; Diepen et al., 1989; Jones et al., 2003; McCown et al., 1996; Penning De Vries; Van Laar, 1982) e atualmente esses modelos são considerados as ferramentas mais avançadas para a simulação de crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas. Desde 2010, o projeto AgMIP (*Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project*) (Rosenzweig et

al., 2013) reúne os maiores especialistas em modelagem agrícola do mundo e trouxe avanços expressivos no campo da simulação de culturas.

Talvez o mais importante desses avanços tenha sido a demonstração de que a simulação multimodelos reduz expressivamente a incerteza das simulações quando modelos baseados em processos são utilizados em paralelo e a mediana (ou a média, no caso de apenas dois modelos) das simulações é utilizada com valor estimado da simulação (Asseng et al., 2013; Bassu et al., 2014; Marin et al., 2015). Essa abordagem mostrou-se suficiente robusta para ser aceita como indicador de vulnerabilidade de culturas agrícolas frente à possível mudança no clima e foi incluída como técnica necessária para a geração de cenários agrícolas futuros para formuladores de políticas públicas do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

O último relatório do IPCC (Moss et al., 2010) trouxe uma nova abordagem para a geração de cenários futuros, considerando as forçantes climáticas e níveis de concentração de CO₂ atmosférico como indicadores do clima futuro. Assim, utiliza-se atualmente os cenários 4.5 e 8.5 (sendo 4,5W m⁻² e 8,5W m⁻² os valores absolutos estimados do desequilíbrio no balanço de ondas longas esperados para o período futuro) como indicadores de cenários climáticos intermediários e pessimistas (Hillel; Rosenzweig, 2010), com relação as variações futuras de temperatura e chuva. Esta abordagem (modelagem baseado em processos + cenários climáticos futuros gerados de acordo com as recomendações do AgMIP) vem sendo largamente utilizada inclusive no Brasil, com redução expressiva da incerteza das simulações e construção de cenários agrícolas futuros mais confiáveis (Marin, 2014; Marin et al., 2013; Pinto: Marin, 2013, Pinto, 2015; Souza, 2017; Silva, 2017).

Desde 2016, o SISTEMA TEMPOCAMPO-ESALQ, vem aplicando parte desta abordagem (uma vez que não se tem o foco de estudar mudanças climáticas de longo prazo, mas sim previsão de produtividade para a próxima safra) para subsidiar a tomada de decisão de agentes públicos e privados quanto à influência do clima para a produtividade das culturas de soja e cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do Brasil.

Este é o primeiro produto de 10 que serão apresentados durante a execução desse estudo que busca desenvolver um conjunto de recomendações visando a redução de perdas de produção agrícola associadas aos efeitos da mudança do clima e que contribuam para uma

alocação eficiente dos investimentos públicos e privados na agricultura. As recomendações, fundamentadas em metodologias, modelos e critérios técnico-científicos, e em cenários de mudanças climáticas, consistirão em indicativos de probabilidade de perda, o índice de perda, as zonas homogêneas de risco, o nível de cobertura e a data de semeadura para o estado de Paraná, por município, por tipo de solo e por grupo de cultivares. Os serviços especializados para geração do referencial tecnológico de análise de risco rural serão direcionados para a cultura da soja.

Neste contexto o grupo da USP/ESALQ envolvido nesse projeto espera contribuir para que a agricultura Brasileira possa cada vez mais atingir um elevado nível tecnológico e melhorar o emprego dos recursos públicos aplicados no seu desenvolvimento.

Prof. Fabio Marin (Coordenador)

SUMÁRIO

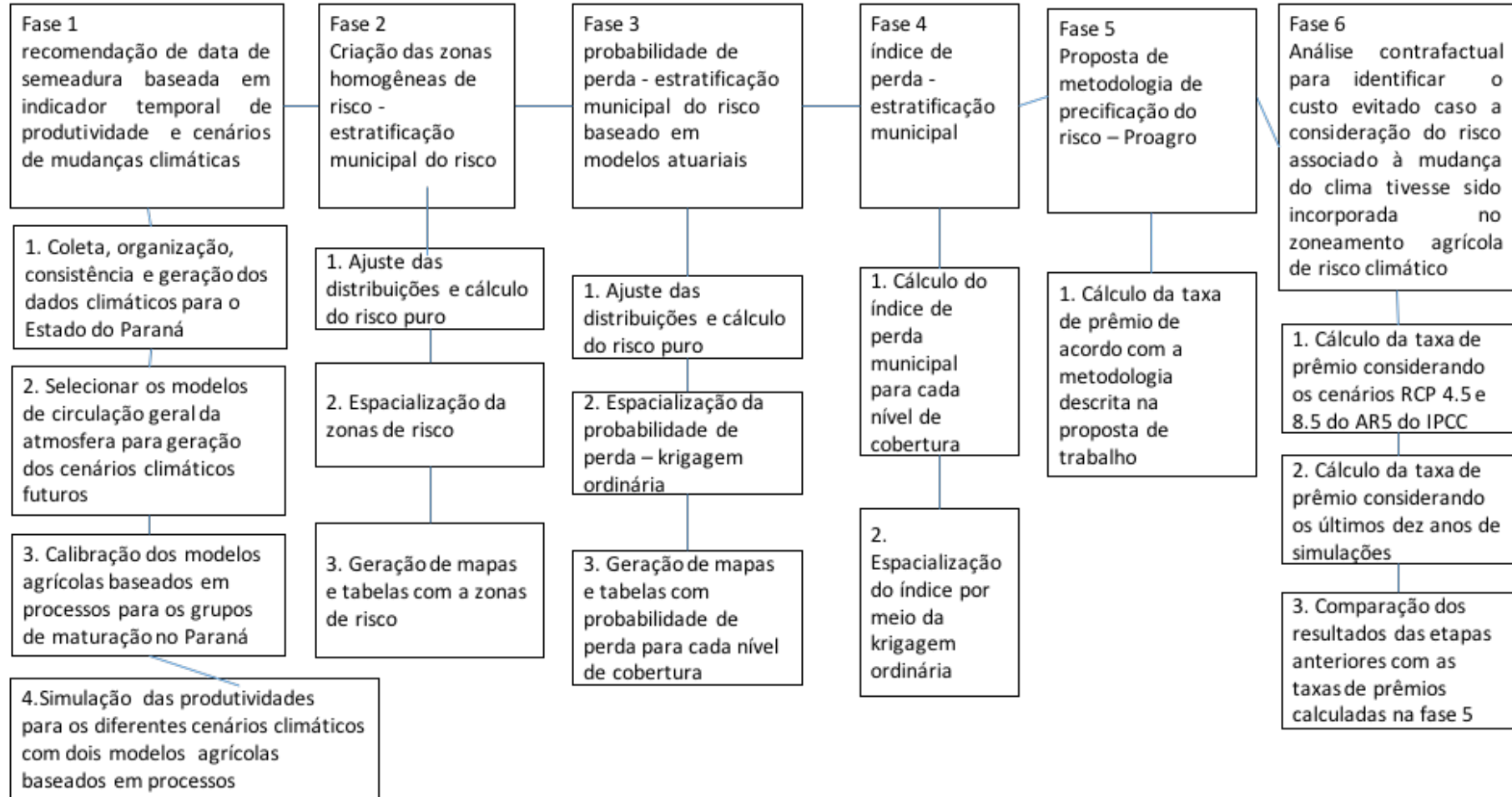
Apresentação	2
1. a) Equipe de trabalho e matriz de responsabilidades;	6
2. b) Estrutura analítica dos estudos, acompanhada de dicionário e notas explicativas;	7
3. Detalhamento da metodologia	8
I. Fase 1: Recomendação de data de semeadura baseada em indicador temporal de produtividade e cenários de mudanças climáticas	8
II. Fase 2: determinação das zonas homogêneas de risco - estratificação municipal do risco baseado em multimodelos agrometeorológicos e cenários de mudanças climáticas.....	9
III. Fase 3: determinação da probabilidade de perda - estratificação municipal do risco baseado em modelos atuariais	10
Cálculo da probabilidade de perda.....	10
Espacialização da probabilidade de perda	11
IV. Fase 4: determinação índice de perda - estratificação municipal do risco baseado em índices de perda	11
V. Fase 5: Proposta de metodologia de precificação do risco – Proagro	11
VI. Fase 6: Análise contrafactual para identificar o custo evitado caso a consideração do risco associado à mudança do clima tivesse sido incorporada no zoneamento agrícola de risco climático	12
3. Referências.....	13
4. Reuniões de acompanhamento do andamento do estudo.....	16
5. Dados gerados no projeto.....	16
6. Cronograma físico.....	21

1. a) Equipe de trabalho e matriz de responsabilidades;

Equipe	Função	Atividades
Fabio Ricardo Marin	Coordenador Geral Técnico	Coordenar a equipe e executar as modelagens agroclimáticas
Durval Dourado Neto	Engenheiro Agrônomo especialista em soja	Definir parâmetros de soja para os modelos
Klaus Reichardt	Engenheiro Agrônomo especialista em agrometeorologia (meteorologista)	Definir parâmetros agroclimáticos para os modelos
Sonia Maria De Stefano Piedade	Engenheiro Agrônomo especialista em agrometeorologia (estatístico)	Definir análises e tratamento dos dados
Gerd Sparovek	Engenheiro Agrônomo especialista em geotecnologia	Definir parâmetros de solos e geoprocessamento
Luis Guilherme de Andrade Rezende	Desenvolvimento em Tecnologia da Informação	Coordenador da TI
Rodrigo Fernando Maule	Coordenador Operacional	Viabilizar integração da equipe e fluxo de dados e informações; gestão operacional do projeto
Alberto G. O. Pereira Barretto	Pesquisador Sênior especialista em geoprocessamento e análise multicriterial com espacialização de variáveis	Geoprocessamento, análise de dados, organização e revisão dos Produtos
Simone Beatriz Lima Ranieri	Pesquisadora Sênior responsável pela análise de dados, organização e revisão dos Produtos	Análise de dados, organização e revisão dos Produtos
Sergio Paganini Martins	Pesquisador Sênior especialista em políticas públicas	Análise de dados
Daniel Lima Miquelluti	Pesquisador Júnior especialista em seguro rural e gestão de riscos agrícolas	Análises estatísticas

2. b) Estrutura analítica dos estudos, acompanhada de dicionário e notas explicativas;

Estrutura analítica dos estudos, acompanhada de dicionário e notas explicativas



3. Detalhamento da metodologia

A metodologia proposta detalhada nesta seção está baseada em cada objetivo específico listado no TdR do estudo e esta organizada em fases conforme apresentado na estrutura analítica (item 2). As metodologias aqui são apresentadas de forma sucinta, sendo que os detalhamentos e caminhos metodológicos específicos de cada fase serão apresentados conjuntamente com cada um dos respectivos produtos a serem entregues. Este fato é em função de que alguns passos ainda serão determinados a partir de estudos específicos.

I. Fase 1: Recomendação de data de semeadura baseada em indicador temporal de produtividade e cenários de mudanças climáticas

Elaborar recomendação de data de semeadura: avaliação do risco produtivo utilizando multimodelos para o clima histórico e cenários de mudanças climáticas para o futuro - RCP 4.5 e RCP 8.5 do AR5 do IPCC- apresentando como resultado recomendação de data de semeadura baseada em indicador temporal de produtividade.

A recomendação de data de semeadura baseada em indicador temporal de produtividade oriundo de modelos baseados em processos representa um expressivo avanço na análise de risco climático da agricultura brasileira. Além disso, a possibilidade de avaliar comparativamente o risco climático atual em relação aos cenários futuros é outro diferencial, oferecendo aos tomadores de decisão antever dificuldades e propor medidas de redução de impacto ou de adaptação. No presente projeto, a geração dos cenários climáticos seguirá os protocolos do Agricultural Model Intercomparison and Improvement Program (AgMIP – www.agmip.org) (Hudson & Raune, 2015). Dentre os 20 modelos disponíveis no protocolo do projeto, serão selecionados três GCM's disponíveis da base do Projeto AgMIP. Esses três modelos serão selecionados de modo a representar o cenário mais otimista (em comparação com o *baseline*), o mais pessimista e um GCM intermediário para o Estado do Paraná. De acordo com a solicitação feita na reunião inicial junto ao comitê avaliador do projeto, foi também incluído o modelo HADGEM. Com isso, serão produzidas nove conjuntos de dados simulados de produtividade, a saber: linha de base, GCM pessimista (4.5 e 8.5), GCM intermediário (4.5 e 8.5), otimista (4.5. e 8.5) e HADGEM (4.5 e 8.5). Tais bases climáticas serão então imputadas em dois modelos agrícolas para a cultura da soja: DSSAT/CropGro-Soybean (Boote, 1999; Jones et al., 2003; Wallach, 2006) e APSIM-Soybean (McCown et al., 1996; Robertson; Carberry, 1998). Esses modelos foram selecionados por terem manutenção e atualização científica regular e por serem disponíveis para download gratuito (permitindo a fácil replicação do projeto) e por terem o melhor desempenho atestado pela literatura científica no campo da modelagem, notadamente para fins de simulação de

impactos de mudanças climáticas (Rosenzweig et al., 2014). Os modelos agrícolas serão calibrados contra dados de produtividade reportados pelos institutos oficiais responsáveis pelo Estado do Paraná (IBGE e DERAL), agrupando-se o Estado em zonas homogêneas considerando aspectos climáticos e de sistema de produção da cultura. Na sequência, para cada zona, os modelos serão configurados para representar os sistemas de produção mais comuns e os parâmetros genéticos para ajuste dos modelos serão obtidos na literatura científica sobre a cultura da soja. Pretende-se trabalhar com 46 estações meteorológicas do Estado do Paraná. Em relação aos parâmetros de água no solo serão utilizados a capacidade de campo, o ponto de murcha, a saturação de água e a profundidade do solo, considerando os 3 (três) diferentes grupos de solos (1, 2, e 3) conforme os utilizados no ZARC. Também serão considerados 3 (três) diferentes grupos de cultivares de soja, conforme duração do ciclo (precoce, media e tardia) para os grupos de maturação mais comuns em cada região do Estado, normalmente entre os GM 5 e 6. Em cada local, serão simuladas as produtividades em escala decenal (a cada dez dias) normalmente entre setembro e janeiro de cada ano (período mais provável de semeadura e em acordo com o vazio sanitário da cultura da soja, conforme recomendação do Ministério da Agricultura). Assim, para cada data de semeadura, tipo de solo e material genético será gerado um mapa (em um grid de 5km) e tabelas indicando o período de semeadura, por decêndio e município, que serão analisados com base em dados de campo coletados com a finalidade de calibração local dos modelos agrometeorológicos utilizados, conforme solicitado neste TdR.

II. Fase 2: determinação das zonas homogêneas de risco - estratificação municipal do risco baseado em multimodelos agrometeorológicos e cenários de mudanças climáticas

Classificar zonas homogêneas de risco: estratificação municipal do risco baseado em multimodelos agrometeorológicos e dados de sensoriamento remoto para o clima histórico e cenários de mudanças climáticas para o futuro - RCP 4.5 e RCP 8.5 do AR5 do IPCC - apresentando como resultado classificação dos municípios com riscos produtivos similares
--

A simulação descrita no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.** envolverá uma série de dados climáticos para localidades do Estado do Paraná e pelo menos 40 estações posicionadas próxima das fronteiras com o Paraná nos estados vizinhos (São Paulo, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul), permitindo melhor qualidade na geração das interpolações. As simulações serão feitas para uma série climática de pelo menos 30 anos passados, permitindo uma representação suficientemente ampla da variabilidade climática e do risco de cada para localidade. Para cada local, cada data de semeadura representará uma saída de ambos os modelos.

Essas interpolações dos resultados da simulação multimodelos (descrita no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) serão exportadas na forma de imagens (produtos raster). Deste modo, para cada data de semeadura simulada e cada tipo de solo (1, 2 e 3), serão gerados mapas das simulações multimodelos para então extrair-se o nível de risco climático associado a cada município, tipo de solo e data de semeadura, considerando-se pelo menos os seguintes níveis de risco (20%, 40%, 60% e 80%).

O mesmo procedimento de modelagem será feito para a análise do clima futuro, gerando-se primeiramente as séries climáticas para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 do AR5 do IPCC (Hillel; Rosenzweig, 2010) e simulando-se a produtividade para os climas futuros, adotando-se as mesmas parametrizações utilizadas nas simulações do clima atual. A sistematização desses resultados dará origem ao Produto 3.

III. Fase 3: determinação da probabilidade de perda - estratificação municipal do risco baseado em modelos atuariais

Indicar, em mapas e tabelas, a probabilidade de perda: avaliação da probabilidade de perda por meio de resultados gerados pelos multimodelos de produtividade potencial

Cálculo da probabilidade de perda

A partir das simulações de produtividades potenciais municipais obtidas nos Produtos 2 e 3 serão ajustadas pelo método da máxima verossimilhança as seguintes distribuições: Normal, Normal Assimétrica, Gama, Beta, LogNormal, OLL-G (Cordeiro, 2014) e GEV. O melhor ajuste será determinado por meio de análise gráfica (QQ-plot) e da estatística AIC (Akaike, 1987). O ajuste de uma ampla gama de distribuições de probabilidade juntamente com uma metodologia robusta de seleção de modelos permite uma melhor modelagem do risco climática da cultura em estudo, dado que cada região apresenta condições edafoclimáticas diferenciadas.

O risco puro será calculado como a área abaixo da curva de probabilidade acumulada que apresentar melhor ajuste, sendo definido como:

$$r = F(Y|y \leq NC \times Prod_PAM)$$

Onde r é o risco puro, F é a função de probabilidade acumulada, Y representa a produtividade simulada, NC é o nível de cobertura desejado e $Prod_PAM$ é a média da produtividade disponibilizada pelo IBGE na série da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)¹. Caso o tamanho

¹ As séries de produtividade do PAM serão corrigidas segundo metodologia descrita em Goodwin e Mahul (2004)

da série fornecida pelo IBGE seja inferior à 10 (dez) anos, a mediana da distribuição será utilizada como estimativa da produtividade real municipal.

Espacialização da probabilidade de perda

A espacialização da probabilidade de perda será feita por meio do método de krigagem ordinária² descrito em Cressie (1988). Caso os valores de probabilidade apresentem desvio de normalidade também será verificado se métodos de krigagem para modelos lineares generalizados apresentam ganho de ajuste sem aumentar consideravelmente os custos computacionais. Realizada a krigagem, serão confeccionados mapas e tabelas indicando as probabilidades de perda agrícola para cada nível de cobertura e apresentados conforme item 4.

IV. Fase 4: determinação índice de perda - estratificação municipal do risco baseado em índices de perda

Indicar, em mapas e tabelas, o índice de perdas: análise atuarial com estratificação municipal do risco baseado em índices de perdas

Baseando-se nas produtividades simuladas, para cada nível de cobertura serão calculadas as diferenças entre a produtividade potencial multiplicada pelo nível de cobertura e a produtividade observada na série disponibilizada pela Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE. Paralelamente serão buscados dados primários de produtividade observadas junto ao Departamento de Economia Rural do estado do Paraná - DERAL e cooperativas (que serão levantadas através de pesquisa). Estes índices de perda, estratificados em nível municipal, também serão espacializados utilizando o método da krigagem ordinária, que possibilitará a confecção de mapas e tabelas para cada um dos níveis de cobertura e a identificação de zonas de risco. Os resultados serão apresentados conforme item 4.

V. Fase 5: Proposta de metodologia de precificação do risco – Proagro

Desenvolver proposta metodológica de precificação do risco: apresentar proposta de metodologia atuarial de tarifação para o Proagro/Seguro rural.

²Procedimento estocástico de inferência espacial que fornece o melhor estimador linear não-viesado (BLUE), conforme indicado no TDR.

Considerando que os dados de entrada serão de produtividades simuladas e que nestas simulações o único fator que sofre alterações é o clima, a metodologia indicada neste estudo para precificação do risco permitirá identificar especificamente o risco climático para os genótipos e datas de plantio utilizadas nas simulações.

A probabilidade da perda pode ser calculada através da área sob a curva menor do que a produtividade garantida. Desta forma, se denominarmos o nível de cobertura por λ , tal que $0 < \lambda < 1$, e a produtividade esperada por y^e , então a probabilidade da produtividade ser menor do que λy^e será calculada através da área sob a densidade, numericamente estimada através da regra do trapézioide. A taxa de prêmio, ou tarifa do Proagro, será dada por (Goodwin e Ker, 1998):

$$\text{Taxa de Prêmio} = \frac{F_Y(\lambda y^e) E_Y[\lambda y^e - (Y | y < \lambda y^e)]}{\lambda y^e}$$

onde E é o operador de esperança e F a distribuição cumulativa da produtividade. Esta precificação será realizada para todas as combinações de município e nível de cobertura.

Existe uma ampla literatura para modelos de precificação de risco, no entanto, considerando que na presente análise não serão considerados fatores externos como o preço e outras variáveis, não há necessidade do uso de metodologias mais avançadas (ex. cópulas). O trabalho citado é referência no setor e base para qualquer metodologia mais avançada de precificação, sendo que no caso de se mostrar necessário avançar para modelos mais sofisticados, estes serão estudados e incorporados ao estudo e apresentados no produto correspondente.

VI. Fase 6: Análise contrafactual para identificar o custo evitado caso a consideração do risco associado à mudança do clima tivesse sido incorporada no zoneamento agrícola de risco climático

Desenvolver uma análise contrafactual para identificar o custo evitado caso a consideração do risco associado à mudança do clima tivesse sido incorporada no zoneamento agrícola de risco climático.

De modo a captar a influência das mudanças climáticas na operação do Proagro, serão conduzidas três análises:

a) Determinação das taxas de prêmio municipais utilizando-se os resultados das simulações que consideram o cenário RCP 4.5 do AR5 do IPCC com posterior comparação destas com as taxas que não consideram o cenário de mudança climática. Será também calculado o percentual de municípios em que houve aumento ou decréscimo da taxa e a dimensão desta variação.

b) Determinação das taxas de prêmio municipais utilizando-se os resultados das simulações que consideram o cenário RCP 8.5 do AR5 do IPCC com posterior comparação destas com as taxas que não consideram o cenário de mudança climática. Será também calculado o percentual de municípios em que houve aumento ou decréscimo da taxa e a dimensão desta variação.

c) Determinação das taxas de prêmio municipais utilizando-se os resultados das simulações dos últimos dez anos, em que se conjectura que possa haver impacto das mudanças climáticas. Estas taxas serão comparadas com as obtidas quando da utilização de toda a série histórica de simulações. Será também calculado o percentual de municípios em que houve aumento ou decréscimo da taxa e a dimensão desta variação.

E para comparar os resultados da eventual mudança de metodologia para a “determinação das taxas de prêmio municipais” será comparado o resultado da fórmula apresentada na “fase 5” para identificação da taxa de prêmio com as taxas aplicadas atualmente ao Proagro. Adicionalmente será feita uma análise explícita de custos evitados, ou seja, sobre a possível diferença, em termos financeiros, entre os custos verificados e os custos que seriam incorridos pelos programas federais (Proagro, ProagroMais, subvenção ao Prêmio do seguro rural) caso tivesse sido adotado no passado o novo zoneamento resultante deste novo modelo. Para esse trabalho devem ser liberados os dados financeiros pelo MAPA.

3. Referências

- AKAIKE, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika*, 52(3), 317-332.
- ASSENG, S. et al. Uncertainty in simulating wheat yields under climate change. *Nature Climate Change*, v. 3, n. 9, p. 827–832, 2013.
- BASSU, S. et al. How do various maize crop models vary in their responses to climate change factors? *Global change biology*, v. 20, n. 7, p. 2301–2320, 2014.
- BOOTE, K. J. Concepts for calibrating crop growth models. *DSSAT version*, v. 3, n. 4, p. 179–200, 1999.
- CORDEIRO, G.M., Alizadeh and Pinho, L.G. (2014) The exponentiated odd log-logistic family of distributions: Properties and applications. *Submetido*
- CRESSIE, N. (1988). Spatial prediction and ordinary kriging. *Mathematical geology*, 20(4), 405-421.
- DE WIT, C. T. Photosynthesis of leaf canopies. [s.l.] Pudoc, 1965.
- DIEPEN, C. A. VAN et al. WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil use and management*, v. 5, n. 1, p. 16–24, 1989.
- GOODWIN, B.K.; KER, A.P. Nonparametric estimation of crop yield distributions: implications for rating group-risk crop insurance contracts. *American Journal of Agricultural Economics*, v.80, p.139-153, Feb. 1998.
- GOODWIN, B.K.; MAHUL, O. Risk modeling concepts relating to the design and rating of agricultural insurance contracts. Washington: World Bank, 2004. 32p.

- HILLEL, D.; ROSENZWEIG, C. Handbook of climate change and agroecosystems: impacts, adaptation, and mitigation. [s.l.] World Scientific, 2010. v. 1
- HUDSON, N.I., AND A.C. RUANE, 2015: Appendix 2. Guide for Running AgMIP Climate Scenario Generation Tools with R in Windows, Version 2.3. In Handbook of Climate Change and Agroecosystems: The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP) Integrated Crop and Economic Assessments, Part 1. C. Rosenzweig and D. Hillel, Eds., ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation Vol. 3. Imperial College Press, pp. 387-440.
- JONES, J. W. et al. The DSSAT cropping system model. *European journal of agronomy*, v. 18, n. 3, p. 235–265, 2003.
- MARIN, F. R. Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos. p. 262, 2014.
- MARIN, F. R. et al. Climate change impacts on sugarcane attainable yield in southern Brazil. *Climatic Change*, v. 117, n. 1–2, p. 227–239, 2013.
- MARIN, F. R. et al. Sugarcane model intercomparison: Structural differences and uncertainties under current and potential future climates. *Environmental Modelling & Software*, v. 72, p. 372–386, 2015.
- MCCOWN, R. L. et al. APSIM: a novel software system for model development, model testing and simulation in agricultural systems research. *Agricultural systems*, v. 50, n. 3, p. 255–271, 1996.
- MOSS, R. H. et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, v. 463, n. 7282, p. 747–756, 2010.
- PENNING DE VRIES, F. W. T.; VAN LAAR, H. H. Simulation of plant growth and crop production. *Simulation Monographs*, Pudoc, Wageningen, v. 308, 1982.
- PINTO, H. M. .; MARIN, F. . Projeções futuras de produtividade de cana-de-açúcar no Brasil baseadas em cenários de mudanças climáticas. [s.l.] Associação Nacional de Medicina do Trabalho, 1 dez. 2013.
- PINTO, H. M. S. Projeções de risco de produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo baseadas em simulações multimodelos e cenários climáticos futuros. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 31 ago. 2015.
- ROBERTSON, M. J.; CARBERRY, P. S. Simulating growth and development of soybean in APSIM. *Proceedings 10th Australian Soybean Conference*. Brisbane. Anais...1998
- ROSENZWEIG, C. et al. The agricultural model intercomparison and improvement project (AgMIP): protocols and pilot studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 170, p. 166–182, 2013.
- ROSENZWEIG, C., J. ELLIOTT, D. DERYNG, A.C. RUANE, C. MÜLLER, A. ARNETH, K.J. BOOTE, C. FOLBERTH, M. GLOTTER, N. KHABAROV, K. NEUMANN, F. PIONTEK, T.A.M. PUGH, E. SCHMID, E. STEHFEST, H. YANG, AND J.W. JONES, 2014: Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 111, no. 9, 3268-3273, doi:10.1073/pnas.1222463110.
- SILVA, E.H.F.M. Simulação de cenários agrícolas futuros para a cultura da soja no Brasil com base em projeções de mudanças climáticas. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 2017. No prelo.
- SOUZA, T.T. Simulação de cenários agrícolas futuros para a cultura do milho no Brasil com base em projeções de mudanças climáticas. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 2017. No prelo.

WALLACH, D. Evaluating crop models. Working with Dynamic Crop Models Evaluation, Analysis, Parameterization, and Applications, Elsevier, Amsterdam, p. 11–54, 2006.

4. Reuniões de acompanhamento do andamento do estudo

Com a finalidade do Comitê Gestor do IPACCII poder acompanhar melhor o direcionamento metodológico empregado no estudo, serão estabelecidas reuniões mensais entre o grupo executor e o Grupo de Avaliação de Produtos (GAP) e/ou Comitê Gestor, por conferência (*Skype*) ou presencial quando possível. Estas reuniões são para que o Grupo de Avaliação de Produtos (GAP) e/ou Comitê Gestor possam acompanhar o andamento das atividades e dos processos metodológicos, podendo contribuir para a construção metodológica do estudo. Para que a reunião tenha mais efetividade, será enviado um relatório técnico mensal, em formato digital, contendo a descrição dos caminhos metodológicos específicos no processo de implementação de atividades e geração de produtos.

5. Dados gerados no projeto

Para cada análise, que origine um ou mais mapas e ou base de dados associado, será feita uma descrição da metodologia compreendendo:

- ✓ Descrição do embasamento teórico operacional para a realização dos trabalhos: uma versão detalhada desta descrição será feita no documento voltado a descrição da metodologia e dos resultados; uma versão sucinta será apresentada na composição de legendas e de metadados;
- ✓ Esta descrição detalhada conterá detalhamento das fases do processamento e dos insumos bem como de suas fontes e bases de dados consultadas (inclusive websites), bem como descrição dos produtos intermediários e finais;
- ✓ Os relatórios de descrição da metodologia de cada produto a ser entregue incluirão a descrição de fórmulas equações desenvolvidas e ou utilizadas, e apresentação visual/gráfica dos processamentos realizados (utilização de ferramentas próprias ou dos programas utilizados) (Ex. QGis - Construtor de Modelos);
- ✓ Será feita descrição dos produtos e mapas gerados, tanto para os arquivos em formato matricial (raster) como para os arquivos em formato vetorial (shapefile)³.

A) Entregas relacionadas à bases de dados, mapas e insumos utilizados e produzidos

Será feita a transferência da estrutura e base de dados junto com medidas de transferência de conhecimento, entrega e disponibilização ao MAPA e comitê gestor do IPACC de todos os insumos utilizados, bancos de dados utilizados e gerados, mapas utilizados e gerados para elaboração de cada produto. Todos serão entregues em formatos compatíveis com os sistemas e banco de dados do MAPA e das instituições do comitê gestor.

Será entregue não apenas os dados e mapas finais elaborados, como também os arquivos referentes à legendas e projetos desenvolvidos nos sistemas de informações geográficas para cada um dos mapas. Os produtos serão apresentados em formato e acabamento compatível com seu imediato uso formal e publicação em meios digitais e impressos.

³ Vetorial = ponto / linha / polígono

Os bancos de dados serão construídos de forma colaborativa entre a FEALQ, MAPA, e comitê gestor, observando os ambientes web de divulgação e objetivos dos estudos, e virão acompanhados de uma planilha referenciando os arquivos, e suas propriedades.

a. Dados e Produtos

Dados vetoriais: formato shp. Serão entregues em duas projeções cartográficas. Projeção Cartográfica GCS Sirgas 2000 (EPSG⁴ 4674) e EPSG 4291: Coordenadas geográficas Datum SAD 69.

Formato e projetos dos mapas: .qgs (QGis). Atualmente o MMA não dispõe de licença ArcGis nas máquinas da CGTI;

Dados matriciais: formato .geotiff e ou de referência para o dado entregue (Ex: Modelo Digital de Elevação - MDE que produz grid). Serão obedecidos o formato e condições de uso e publicação;

Legenda dos dados: formato .qlr ou qlm (Qgis), e .sld (exemplo texto de legenda no Apêndice);

Banco de dados 1: PostgreSQL /PostGIS, será estruturado conforme o banco geodados do usuário (será consultada CGTI do usuário para ver especificação do banco de dados e qual melhor forma para entregar o arquivo do banco de dados para ser incorporado na base da instituição de governo). Na entrega de banco de dados, constará também o dicionário de dados e o modelo do banco de dados. Entrega dos produtos será feita em dois formatos: Coordenadas usadas atualmente no banco de dados: EPSG 4291: Coordenadas geográficas Datum SAD 69. Coordenadas a serem usadas futuramente no banco de dados: EPSG: Coordenadas geográficas, Datum SIRGAS 2000.

Metadados: formato xml – padrão CSWOGC, segundo o perfil MGB (Metadados Geoespaciais do Brasil). Exemplo de metadado: <http://mapas.mma.gov.br/geonetwork/srv/br/metadata.show?id=1775>.

b. Mapas e Projetos

- i. Formato e projetos dos mapas: .qgs (QGis);
- ii. Os arquivos quando em formato geotiff, apresentação resolução gráfica mínima (> 700 dpi), compatíveis com impressão em diferentes tamanhos e disponibilização do mapa na plataforma web⁵;
- iii. Os projetos de cada mapa serão entregues com os arquivos das legendas em separado, em conformidade aos mapas produzidos;

⁴ Tarefa padrão é determinar o Sistema de Referência de Coordenadas nos projetos, arquivos raster, arquivos vetoriais, banco de dados, entre outros. São necessários em algumas situações definir o elipsóide, o fuso, o hemisfério e outro parâmetros. Para organizar essa informação no sistema, o Grupo de Pesquisa Petrolífera Européia – European Petroleum Survey Group (EPSG), sistematizou todos os Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC) do planeta por códigos, os chamados Códigos EPSG. Isso significa que uma projeção de qualquer lugar do mundo pode ser identificada através do padrão EPSG. Por exemplo, o Código EPSG: 4674 indica para qualquer pessoa que dados vetoriais ou matriciais foram reprojatados para o Sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 (ou GCS_SIRGAS2000 – Geographic Coordinate System, SIRGAS 2000 Datum). Fonte: <http://www.processamentodigital.com.br/2013/07/27/lista-dos-codigos-epsg-mais-utilizados-no-brasil/>

⁵ Será pactuada a definição inicial da escala de trabalho. Tanto para representar a escala dos dados, quanto para garantia de qualidade da informação. Algumas vezes, este aspecto condiciona o formato de impressão do mapa e da construção do *template* de apresentação. Uma vez definida a escala e o formato de papel para o projeto, uma mudança nos tamanhos da impressão causa perda de qualidade visual. Em alguns casos conversões entre A3 e A4 são possíveis, contudo, dificilmente, um projeto (mapa) em A0 permanece com qualidade no caso de conversão para impressão A3, por exemplo.

- iv. Será pactuada a definição inicial da escala de trabalho. Tanto para representar a escala dos dados, quanto para garantia de qualidade da informação. Esse aspecto condiciona o formato de impressão do mapa;
- v. Para a construção dos mapas será acordado um *template* antes de sua entrega. O *template* será construído de acordo com os objetivos do trabalho e de forma coerente com a escala de elaboração dos estudos e o melhor formato de apresentação digital ou impresso. Um exemplo de *template* segue no apêndice deste documento.
- vi. Após a inspeção dos dados espaciais, e em função dos objetivos do estudo, poderão emergir formas de apresentação dos temas, que podem se mostrar mais adequadas às características dos resultados obtidos. Nestes casos, de comum acordo entre FEALQ e MAPA /comitê gestor, os temas poderão ser apresentados em mapas sob outro formato ou composição.

c. Metadados/ Documentação Descritiva por Dado e por Mapa

- i. Todo o dado e mapa (intermediário ou final) será documentado, preferencialmente com o perfil MGB (Metadados Geoespaciais do Brasil) Sumarizado;
- ii. Um formulário, em excel (xlsx), com as informações mínimas necessárias que devem constar do metadado está no apêndice. O formulário está em excel, entretanto os dados serão entregues em xml⁶ (formato universal para intercâmbio de dados adequados à web), que é editável na plataforma do geonetwork, conforme link (modelo no apêndice);
- iii. Serão elaborados de acordo com o modelo de metadado acordado, a ser pactuado durante os trabalhos com a área beneficiária. Entretanto conforme item acima, um formulário orientativo com os requisitos e informações obrigatórios mínimos a serem preenchidos está no apêndice;
- iv. A nomeação do metadado será similar ao dado correspondente, em formato .xml e no Padrão ISSO 19.115/19.139. Os metadados serão elaborados com o uso do Perfil de Metadados Geoespaciais – Perfil MGB, derivado das normas ISO 19115 e 19139. A norma ISO 19139 tem por objetivo codificar os conceitos da ISO 19115 em formato de arquivo XML (ISO,2007);
- v. Os metadados estarão em formato plenamente compatível com o repositório de metadados adotado pelo MAPA / instituições do comitê gestor, Geonetwork MMA, de forma a viabilizar a sua pronta incorporação (<http://mapas.mma.gov.br/geonetwork/srv/br/main.home>). O padrão de intercâmbio adotado é XML, CSW / OGC. O Geonetwork do MMA está integrado ao Catálogo de Metadados da INDE, na versão 2.10.4 do software;
- vi. Constarão entre as informações mínimas do Metadado: a) Identificação do produtor e a responsabilidade técnica de produção; b) Padronização da terminologia utilizada; c) O processamento e edições realizadas; d) Identificação da qualidade da informação geográfica e subsídio à análise do usuário quanto à adequação a suas aplicações.

⁶ <https://pt.wikipedia.org/wiki/XML>

O Perfil de Metadados Geoespaciais Brasileiro possui dois níveis de conformidade: um sumarizado e outro completo. O sumarizado define basicamente os elementos no núcleo da Norma ISO 19115, enquanto o completo abrange boa parte da norma internacional.

Será dada preferência ao Perfil MGB Completo, no caso de dados que são produzidos no decorrer de projetos que orientarão Políticas de responsabilidade do MMA. A entrega de metadados com maior nível de detalhamento proporcionará um melhor aproveitamento dos mesmos.

Os metadados acompanhando o dado ou serviço geoespacial são pré-requisito para a publicação dos mesmos, a partir da Lei nº 8.666/2008, que institui a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE.

B) Arquitetura de arquivos e bases de dados espaciais

Essa seção descreve a forma de organização, categorização e nomenclaturas das pastas, subpastas e arquivos a serem entregues, como parte dos resultados associados e subjacentes aos mapas elaborados, compondo os bancos de dados associados aos produtos espaciais entregues.

O apêndice apresenta um modelo exemplificativo de forma de nomeação de arquivos e construção de uma arquitetura de base de mapas, e apresenta um exemplo de arquitetura ou árvore de arquivos.

- i. Cada projeto apresentará uma pasta específica abrangendo quatro subpastas específicas onde serão armazenados: DADOS (.shp, Geotiff, xml, e outros), MAPAS (ex. , qgs) e DOCUMENTOS (doc. Txt. Pdf) e BASES CARTOGRÁFICAS (insumos cartográficos). Pastas e Subpastas serão nomeadas concisamente, em maiúsculo, sem o uso de símbolos e espaços;
- ii. Os arquivos dentro das pastas serão nomeados em minúsculo. Os arquivos receberão nomes autoexplicativos, sem o uso de símbolos e espaços, e referenciarão informações descritivas que viabilizem sua fácil localização e disponibilização para usuários diversos em plataformas na internet (Exemplo no apêndice);
- iii. Uma proposta de árvore de base de dados é apresentada (no anexo) no plano de trabalho a ser discutida e pactuada, observando as especificidades da natureza do estudo, e em conformidade com a metodologia utilizada ou desenvolvida (Exemplo de uma arquitetura de base de dados desenvolvida está no apêndice).
- iv. Tanto os dados vetoriais quanto matriciais serão apresentados com suas respectivas tabelas de atributos, e entregues editados em condições favoráveis para uso, com nomenclaturas apropriadas. O conjunto de dados espaciais será acompanhado de uma tabela dicionário, onde se encontra a definição e unidades para cada campo das tabelas de atributos;
- v. Para os dados matriciais e vetoriais, tanto os dados intermediários como os finais, serão entregues acompanhados com a descrição e apresentação gráfica, da modelagem utilizada para sua obtenção, ou seja, conterão as rotinas de trabalho e representação dos fluxos de modelagem (EX. Model Builder);

C) Inventário de Produtos e Subprodutos entregues

Serão entregues junto com os produtos espaciais, representando a listagem que referência cada um dos arquivos, dados e mapas, suas características gerais, dispostos preferencialmente em planilha. Isto facilitará o entendimento, busca e o planejamento da incorporação de dados a base das instituições.

D) Glossário dos termos utilizados nos Produtos e Subprodutos entregues

Será entregue junto aos produtos espaciais e documentais entregues. Contém os termos e parâmetros conceituais utilizados para a criação e estruturação do conjunto de dados entregues. Serão descritos os termos utilizados na organização de pastas, subpastas e dos arquivos apresentados na seção: nomenclaturas utilizadas não apenas para o dado em si mas também presentes nas tabelas de atributos, mapas e legendas.

