

## GERAÇÃO DE CENÁRIOS DE MUDANÇA DE USO DO SOLO NA AMAZONIA LEGAL BRASILEIRA EM FUNÇÃO DO AGRONEGÓCIO E DA APLICAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Margareth Simões<sup>1</sup>, Sandro Pereira<sup>2</sup>, Rodrigo Ferraz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Civil, Pesquisadora, Embrapa, Rio de Janeiro-RJ, [margareth.simoese@embrapa.br](mailto:margareth.simoese@embrapa.br)

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Civil, Analista em Geoprocessamento, Embrapa, Jaguariúna-SP, [sandro.pereira@embrapa.br](mailto:sandro.pereira@embrapa.br)

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ, [rodrigo.demonte@embrapa.br](mailto:rodrigo.demonte@embrapa.br)

**RESUMO:** As mudanças climáticas podem afetar a biodiversidade, da mesma forma, a contínua perda da biodiversidade pode, por sua vez, afetar a regulação do clima apresentando graves consequências para o desenvolvimento sustentável e o bem-estar humano. As mudanças no uso da terra, o desmatamento e as mudanças climáticas impactam fortemente o ecossistema da floresta amazônica ameaçando sua resiliência e a sustentabilidade de muitas atividades humanas. Este trabalho descreve a utilização da modelagem dinâmica para gerar cenários de mudança de uso da terra da Amazônia Legal Brasileira, buscando elaborar cenários de mudança de uso/cobertura em função do Agronegócio (agricultura, pastagem e reflorestamento) e considerando o desflorestamento legal, ocasionado pela exploração econômica do território. Os cenários de referência foram baseados nos cenários de desenvolvimento SSP1P, SSP5S e SSP5P do IPCC adaptados a situação de cada estado da Amazônia Legal e considerando-se as políticas brasileiras de desenvolvimento durável, tais como implantação do Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), código florestal, dentre outras. Este trabalho, ainda em desenvolvimento, é parte do projeto ROBIN – Role of Biodiversity in Climate Change Mitigation – financiado pela Comissão Europeia (FP7 ENV. 2011.2.1.4 -1: potencial de biodiversidade e ecossistemas para a mitigação das alterações climáticas), cujo objetivo geral é melhorar a compreensão sobre as relações da biodiversidade com o processo de mitigação de mudança climática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra, CLUE-S, Plano ABC, Planejamento Territorial e Agrícola.

**INTRODUÇÃO:** Políticas de proteção podem impedir a destruição de ecossistemas e seus serviços devido às pressões da expansão agrícola, crescimento da população e desmatamento para comercialização de madeira. Na Amazônia brasileira, a proteção ocorre através da criação das unidades de conservação, da definição das áreas prioritárias de biodiversidade, da delimitação das terras indígenas, dentre outras. Ainda assim, os efeitos destas políticas não estão claros, uma vez que a compreensão dos ecossistemas é incompleta e as respostas para as ações humanas são incertas.

Há uma relação funcional entre a biodiversidade de ecossistemas de florestas tropicais e sua capacidade de captura e armazenamento de carbono, regulação do fluxo evapotranspiratório e muitos outros serviços. Por outro lado, a mudança do uso da terra e outras intervenções antrópicas nos ecossistemas reduzem a integridade e modificam as funções que se relacionam diretamente com serviços ecossistêmicos.

Muitas dúvidas e incertezas permanecem sobre estas ameaças. Por exemplo, não está bem claro como políticas nacionais e internacionais podem afetar as florestas e estes serviços, quais caminhos da política e do desenvolvimento são razoáveis esperar, e podem ser eficazes para conseguir seu objetivo. Finalmente, há muitas incertezas a cerca de quão robusta é a região amazônica e quão provável seria entrar em colapso num futuro previsível, em consequência da mudança climática e mudança do uso da terra. Como podem o clima e o uso da terra mudar na Amazônia?

Este trabalho visa apresentar a modelagem dinâmica para gerar cenários de mudança de uso da terra da Amazônia Legal Brasileira até 2050, baseando-se nos cenários SSP1, SSP5 (S e P) do IPCC e

considerando-se a presença ou ausência de políticas públicas, como por exemplo o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono).

Este trabalho baseia-se na utilização do modelo CLUE-S - Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent. O CLUE-S é um modelo dinâmico, empírico e baseado em regressão para o cálculo da mudança de uso e de cobertura da terra. Representa o espaço em estrutura regular, em formato matricial (raster) com os usos e coberturas da terra representados por pixels e permite tratar as dimensões espacial, de vizinhança, de transição, de tempo e de tipo de sistema (PEREIRA, 2013)

A modelagem de mudança de uso e cobertura da terra buscará elaborar cenários de mudança de cobertura em função do Agronegócio (agricultura, pastagem e reflorestamento), considerando o desflorestamento legal (que respeita a legislação) ocasionado pela exploração econômica do território.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A metodologia do trabalho consiste em identificar o uso e a cobertura da terra para os anos de 2002, 2008 que serão utilizados na modelagem; elaborar os cenários de referência, calcular as demandas de uso e cobertura da terra, selecionar os fatores exploratórios (variáveis espaciais), calibrar o sistema e gerar a simulação de mudança de uso e cobertura da terra de 2008 a 2050.

A classes de uso e cobertura da terra consideradas para elaborar os cenários foram: remanescentes florestais; formação secundária; reflorestamento; agricultura, pastagem, água; urbano e outros;. A partir dessa definição reclassificou-se a cobertura da terra do Brasil, MCT (2010) para as classes do projeto.

Os cenários de referência foram baseados nos cenários de desenvolvimento SSP1P, SSP5S e SSP5P do IPCC. A partir desses cenários foram definidas as formas de cálculo de demandas de áreas para cada uso da terra, elaborada uma contextualização, definidas as máscaras de modelagem e o que contribui para esse cenário. O cenário SSP1P considera a maximização da prevenção do desflorestamento da conservação das áreas protegidas conhecidas. O cenário SSP5S assume que haverá o desenvolvimento convencional sem políticas de proteção e/ou preservação e o cenário SSP5P considera o máximo de desenvolvimento com o máximo de aplicação de políticas de desenvolvimento durável.

Os fatores exploratórios para o agronegócio foram os mesmos considerados por Pereira (2013), com a mesma organização proposta porém adaptado para a região de estudo, ou seja: potencial agrícola das terras para uma cultura exigente e questões de logística. A origem do potencial agrícola da terra foi o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (MANZATTO et al, 2010) e os dados de logística necessários para a modelagem foram identificados em publicações como Macrologística (2011) que apresentam a dinâmica de escoamento da produção na região norte do país e cenários futuros.

Após a identificação dos fatores exploratórios, inicia-se a busca de dados nos órgãos competentes: IBGE; CPRM, Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, INCRA, ANTAQ etc. Com o cálculo das demandas para cada cenário e a elaboração dos arquivos raster de cada fator exploratório será possível calibrar o modelo e elaborar os cenários de mudança de uso e de cobertura da terra até 2050.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados dessa etapa do trabalho foram a tabela de reclassificação da cobertura da terra, os dados que serão utilizados na modelagem e os cenários que a modelagem irá representar.

A reclassificação das classes de cobertura da terra de Brasil, MCT (2011) seguirá as orientações do Quadro 1. Essa reclassificação atenderá o projeto nos cenários de mudança de uso e de cobertura da terra. As categorias de cobertura da terra consideradas no projeto Robin (Categoria ROBIN) são as que

são possíveis de estimar as demandas de área em função dos cenários de evolução do agronegócio do Brasil segundo os cenários oficiais.

Quadro 1 – Reclassificação da legenda de cobertura da terra do probio.

<b>AbreviaturaPROBIO</b>	<b>Categoria PROBIO</b>	<b>Categoria ROBIN</b>
FNM	Floresta não manejada	Remanescente
FM	Floresta manejada	Remanescente
CS	Silvicultura	Remanescente
Fsec	Floresta secundária	Secundaria
Ref	Reflorestamento	Reflorestamento
GNM	Campo não manejado	Remanescente
GM	Campo manejado	Remanescente
Gsec	Campo com vegetação secundária	Secundaria
Ap	Pastagem plantada	Pastagem
Ac	Área agrícola	Agricultura
S	Área urbana	Urbano
A	Rios e lagos (área não manejada)	Água
Res	Reservatórios (área manejada)	Água
O	Outros usos	Outros
NO	Área não observada	Outros

Os fatores exploratórios que serão utilizados na modelagem dependerão dos dados apresentados no Quadro 2. A partir desses dados serão elaborados os rasters dos fatores exploratórios: densidade dos setores censitários, densidade dos municípios, distâncias a eixos de escoamento, máscaras de restrição de modelagem, uso e cobertura da terra, aptidões edáficas etc. A definição dos fatores exploratórios que serão considerados para a modelagem dos cenários futuros será um dos resultados da etapa de calibração do modelo.

Quadro 1 – Origem dos dados para a elaboração dos fatores exploratórios

<b>Parâmetro</b>	<b>Origem</b>	<b>Escala / Tipo / Ano ref / OBS</b>
<b>Dados Uso e cobertura da terra</b>		
Usos da terra	Brasil, MCT, 2011	1:50.000 / vetor / 2006, 2008
Uso urbano e água	1. ZAE-Cana 2007*	1. 1:250.000 / vetor / 2009
	2. Brasil, MCT, 2011	2. 1:50.000 / vetor / 2008
<b>Dados Demografia</b>		
Densidades	Censo 2010 - IBGE	1:250.000 / vetor / 2010
<b>Dados Sócio-economia</b>		
Unidades conservação	Ministérios do Meio Ambiente	1:250.000 / vetor / 2009
<b>Dados Fundiários</b>		
Terras Indígenas	INCRA	? / vetor / 2014
Assentamentos agrários	INCRA	? / vetor / 2014
<b>Dados Manejo das terras</b>		
Áreas mecanização	INPE – Topodata (2011)**	31m resolução / raster /2008
Hipsometria	INPE – Topodata (2011)**	31m resolução / raster /2008
<b>Dados Geográficos</b>		
Político	IBGE	1:500.000 / vetor / 2007
Principais Estradas	IBGE	1:1.000.000 / vetor / 2009
Principais Ferrovias	IBGE	1:1.000.000 / vetor / 2009
Cidades	IBGE**	1:250.000 / vetor / 2009

Hidrovias	ANTAQ (2013)**	? / vetor / 2009
Portos	ANTAQ (2013)**	? / vetor / 2009
Rios	IBGE**	1:250.000 / vetor / 2009
Regiões metropolitanas	IBGE**	1:250.000 / vetor / 2009
<b>Dados Biofísicos</b>		
Biomassas	MMA, IBGE	1:5.000.000 / vetor / 2005
Potencial agrícola	Embrapa Meio Ambiente (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009
Aptidões edáficas	Embrapa Meio Ambiente (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009

Notas: \* obtido sob solicitação    \*\* - obtido por download    ? – escala não informada na fonte.

Foram elaborados três cenários de referência para a modelagem com o CLUE-S: 1. *Amazônia intocada* – baseado no SSP1P; 2. *A Amazônia alimenta o mundo* – baseado no SSP5S e 3. *Desenvolvimento durável* – baseado no SSP5P.

Para o primeiro cenário a demanda (SSP1P) será calculada a partir harmonização dos cenários macroeconômicos de Gouvello, Soares Filho e Nassar (2010), Brasil, MAPA (2012 e 2013) da FIESP (2012 e 2013) e de dados de demanda do MAPA até o ano de 2051 cedidos pela Coordenação Geral de Planejamento Estratégico. Essa compatibilização é necessária por cenários serem complementares entre si. Nesse cenário, as florestas não serão convertidas para agricultura ou pastagem a partir de 2020 e as conversões de uso admissíveis serão de pastagem para agricultura, reflorestamento e vegetação secundária, com redução da área de pastagem e acréscimo de 1% ao ano para as áreas de vegetação secundária nas áreas de pastagem. O que contribuirá para esse cenário será a verticalização da produção com intensificação da pecuária, dois cultivos por área e o aumento da produtividade da agricultura.

Para o segundo cenário (SSP5 S) a demanda será calculada admitindo o máximo de abertura legal de áreas, ou seja, 20% de toda a floresta original poderá ser convertida para outros usos no Bioma Amazônia e 70% será convertido nos demais biomas. A contextualização é de que a Amazônia necessitará gerar o máximo de alimentos possível para a população global em virtude das mudanças climáticas.

Para o terceiro e último cenário (SSP5 P) é o do desenvolvimento sustentável, a demanda será a mesma do primeiro cenário. Contudo será considerado toda e qualquer imposição do código florestal brasileiro, quais florestas podem ser convertidas para agricultura ou pastagem, decréscimo da área de pastagem (pastagem convertendo para os demais usos), vegetação secundária com acréscimo de 1% ao ano, manutenção das unidades de conservação de proteção integral e que a nova fronteira da agricultura brasileira é a região do cerrado irrigado conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). O que contribuirá para isso é a verticalização da produção, com incrementos de produtividade agrícola, duplo cultivo e intensificação da pecuária.

## CONCLUSÕES:

A Amazônia pode estar sob ameaça a partir dos efeitos comuns de desenvolvimento regional sustentável e mudança climática. Muitos estudos nos últimos dez anos têm indicado que estes podem levar ao desmatamento, perturbação regional das temperaturas e o ciclo da água, bem como perda de biodiversidade. Por sua vez, essas alterações podem levar a perda e a morte de florestas, a diminuição dos níveis dos rios, inundações, perda de muitos outros serviços de ecossistema e ainda maior risco de doenças e perda de produtividade agrícola.

Este trabalho busca elaborar cenários de mudança de uso e cobertura do solo em função da expansão da atividade agrícola, ou seja, simulando o desenvolvimento brasileiro com foco no Agronegócio (agricultura, pastagem e reflorestamento) e considerando o desflorestamento legal, ocasionado pela exploração econômica do território, que respeita a legislação brasileira. O trabalho ainda encontra-se

em desenvolvimento. O objetivo é representar a dinâmica do uso do solo para a Amazônia Legal até 2050, considerando-se os cenários AR5 do IPCC SSP1P, SSP5S e SSP5P e as políticas públicas brasileiras. Ao se modelar o uso da terra nos próximos anos com e sem aplicação das políticas de desenvolvimento durável, pretende-se relacionar as mudanças no uso/cobertura com os impactos nos serviços ecossistêmicos para cada cenário gerado, provendo os tomadores decisão com métricas sobre os impactos da aplicação das políticas públicas relativas ao uso da terra.

## REFERÊNCIAS:

- ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários: página institucional. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, 2013. Disponibiliza os arquivos vetoriais de portos e de hidrovias. Disponível em <<http://www.antaq.gov.br/Portal/PNIH.asp>>. Acesso em: 16 abr. 2013.
- BRASIL. MAPA. Projeções do agronegócio: Brasil 2011/12 a 2021/22. Projeções de longo Prazo. Brasília, DF: Coordenação Geral de Planejamento Estratégico; 2012. 76 p.
- BRASIL. MAPA. Projeções do agronegócio: Brasil 2012/13 a 2022/23. Projeções de longo Prazo. Brasília, DF: Coordenação Geral de Planejamento Estratégico 2013. 96 p
- BRASIL. MCT. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, DF: Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.
- FIESP. Outlook Brasil 2022. Projeções para o agronegócio. São Paulo: FIESP/ICONE, 2012. 132 p. il.
- FIESP. Outlook Brasil 2023. Projeções para o agronegócio. São Paulo: FIESP/ICONE, 2013. 115 p. il.
- GOUVELLO, C. de; SOARES FILHO, B. S.; NASSAR, A. (Coord.). Uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas: estudo do baixo carbono para o Brasil: relatório de síntese técnica. Washington, DC: The World Bank, 2010. 288 p.
- INPE. TOPODATA: banco de dados geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos, 2011. Resolução espacial de 30 m. Disponível em: <[www.dsr.inpe.br/topodata/index.php](http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php)>. Acesso em: 16 abr. 2013
- MACROLOGÍSTICA. Projeto Norte Competitivo: sumário executivo. Brasília, DF: Macrologística. 2011. Disponível em <<http://www.macrologistica.com.br/index.php/pt/midia/palestras-e-relatorios>>. Acesso em 15 de ago de 2014.
- MANZATTO, C. V.; et al. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: abordagem metodológica para integração temática de grandes áreas territoriais. In: PRADO, R. B.; TURETA, A. P. D e ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. v. 1, p. 193-214.
- PEREIRA, S.E.M. **Análise estratégica do zoneamento agroecológico como instrumento de ordenamento territorial e sua aplicação em modelos de mudança de uso e cobertura da terra**. 2013. 164 f. Tese (Doutorado Multidisciplinar). Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro