

Modelagem do desmatamento no município de Colniza – MT

Daniel Assumpção Costa Ferreira^{1,2}
Arnaldo Carneiro Filho²

¹Sistema de Proteção da Amazônia
Divisão de Monitoramento Territorial – DTER
Avenida do Turismo, 1350 Tarumã, CEP- 69049-630 - Manaus – AM,
daniel.ferreira@sipam.gov.br

²Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Laboratório de Sistemas de Informação Geográfica - SIGLAB
Caixa Postal 478 - 69011-870 - Manaus - AM, Brasil
(asumpcao,carneiro@inpa.gov.br)

Abstract. Approximately 700.000 km², or 17% of the Brazilian part of the Amazon, has been already deforested by 2005. Most of this deforestation is concentrated at the “deforestation arc”, region that comprised the southern and southwestern of the state of Pará, the northern part of the state of Mato-Grosso and the central part of the state of Rondônia. Among these states, Mato Grosso deserves special attention, because over the last 10 years this state was responsible for at least 35% of the deforestation registered by INPE - Brasil.

Considering the facts above, the aim of this study was to predict the spatial configuration of the residual forest, until the year 2020, in a Mato Grosso county called Colniza. Using a model based on cellular automata we simulated 3 distinct scenarios: (1) Business as usual – based on the annual deforestation rate reported for the period 2000 - 2004, (2) intermediary – based on the deforestation rate reported for 2004-2005, when the deforestation rate decreased by approximately 50%, (3) optimistic – based on the Brazilian Forest Code .

The projections made for Colniza show that of the 90% forest cover in 2004, deforestation at the present rate will reduce this amount to approximately 70% in 2020. If actually implemented, the 80% of legal reserve policy imposed by the Brazilian Forest Code will be of great value to maintain future living quality, including ecological, social and economical values in this county.

Palavras-chave: Amazônia, modelagem, cenários futuros, Colniza-MT, desmatamento, projeto PRODES.

1. Introdução

Em 2000, o total de florestas remanescentes no mundo contabilizava 3.9 bilhões de hectares sendo que 95% deste total são florestas naturais e 5% são de florestas plantadas. Aproximadamente 47% das florestas ocorrem em região tropical, 9% em região subtropical, 11% em zona temperada e 33% em regiões boreais (FAO, 2001).

Do total de florestas tropicais existentes no mundo mais de um terço ocorre na Amazônia brasileira, que a exemplo do ocorrido na Mata Atlântica, vêm sendo indiscriminadamente devastada. Segundo os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2005), uma área de 699,2 x103 km² foi desmatada até o ano de 2005. Isso equivale a 17,5% da Amazônia brasileira ou 1,3 vezes o tamanho do território francês. Apenas em 2004 foram desmatados 23.750 km², o equivalente em média 4,51 campos de futebol por minuto.

Se olharmos o histórico do desmatamento na última década (**Figura 1**) veremos que os Estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará respondem por mais de 80% do total desmatado.

Dentre estes três Estados, o Mato Grosso merece atenção especial, nos últimos 10 anos o mesmo foi responsável por no mínimo 35% do desmatamento anual registrado na Amazônia Legal. No ano de 2004 este patamar elevou-se para 48%. Municípios tais como Vera, Sinop, Alta Floresta, Nova Guarita e Carlinda, situados ao longo da BR-163, e Confresa, Vila Rica, Bom Jesus do Araguaia e São José do Xingu, situado ao longo da BR-158, já perderam mais da metade da cobertura florestal nativa, ou seja, há muito já ultrapassaram o patamar de 20% estabelecido pela Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.

Em contrapartida, municípios do extremo noroeste do Estado, tais como Cotriguaçu, Rondolândia e Colniza ainda possuem mais de 80% da cobertura floresta nativa. Infelizmente as taxas anuais de desmatamento nestes municípios não param de crescer. A exploração madeireira predatória, a grilagem de terras públicas, o agronegócio e a pecuária de caráter extensivo estão entre as principais causas deste processo.

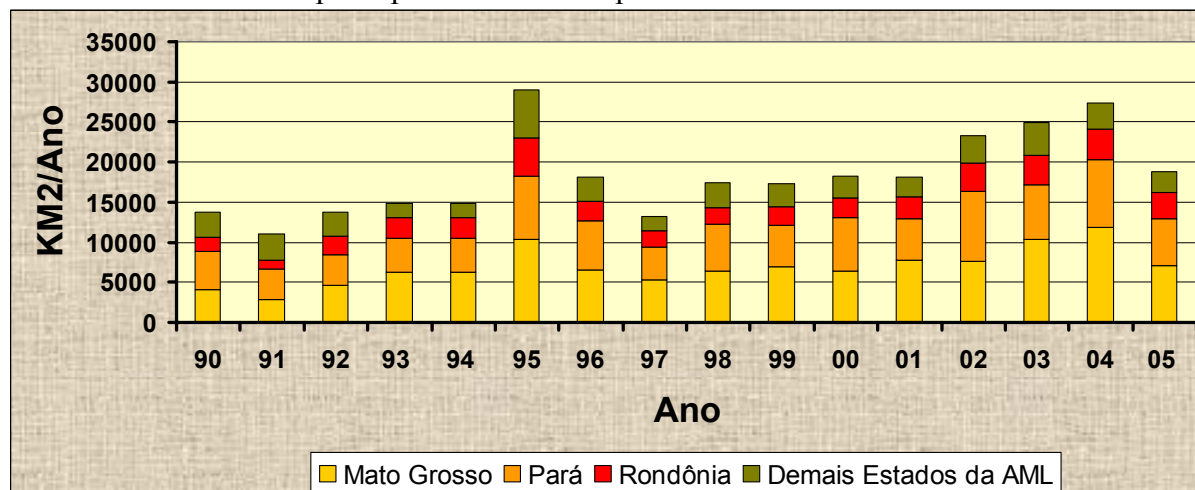


Figura 1 - Taxa de desmatamento (Km²/ano) nos Estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia da Amazônia Legal (AML) entre 1990 e 2005. Fonte: INPE, 2006.

Diante desse quadro, é preciso que o governo e a sociedade civil comecem a questionar o modelo de desenvolvimento agrícola e econômico conduzido na Amazônia brasileira, com destaque especial para os municípios que estão enfrentando na atualidade as mesmas pressões que devastaram a Mata Atlântica ao longo do século XX e que nas últimas três décadas vêm atuando na Amazônia. E a modelagem computacional da dinâmica de uso da terra pode ser uma ferramenta útil para desvendar a complexa relação entre fatores sócio-econômicos e biofísicos que influenciam os padrões de mudança de cobertura da terra e para estimar os impactos dessas mudanças (Verburg et al., no prelo).

Em vista do exposto acima este trabalho teve como objetivo fazer projeções futuras sobre a configuração espacial dos remanescentes florestais no município de Colniza – MT. Foram modelados ano a ano, até 2020, três cenários distintos:

- Cenário usual: baseado na série histórica do desmatamento ocorrido entre 2000-2004 e com avanço das estradas endógenas;
- Cenário intermediário: baseado na série histórica do desmatamento ocorrido entre 2004-2005, quando ocorreu uma queda na taxa de desmatamento de aproximadamente 50%, e com avanço das estradas endógenas;
- Cenário otimista: baseado na série histórica do desmatamento ocorrido entre 2004-2005, com avanço das estradas endógenas, respeitando a legislação federal, que estabelece 80% de reserva legal para propriedades sobre domínio florestal, e com implementação das unidades de conservação propostas pelo zoneamento ecológico-econômico do Estado.

Para alcançar o objetivo proposto neste estudo, foi utilizado um modelo de simulação espacial do tipo autômato celular denominado DINAMICA, desenvolvido por uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG (Soares-Filho et al., 2002, 2003, 2004).

Espera-se que este estudo sirva de suporte às diretrizes de desenvolvimento regional, apontando possíveis conseqüências de ações mal planejadas e indicando áreas onde as políticas públicas devem se concentrar para minimizar os impactos negativos da ação humana, já bastante evidentes na região.

3. Área de estudo

O município de Colniza está situado no extremo noroeste mato-grossense, a 1200 km de distância da capital Cuiabá (**Figura 2**). Recém desmembrado do município de Aripuanã, Colniza foi criado em 2000 e conta com baixíssima infra-estrutura, típica de regiões de fronteira. Do ponto de vista ambiental, está entre os poucos municípios do Estado que ainda conservam mais de 90% de sua cobertura florestal intactas: apenas 8,6% de suas matas haviam sido desmatadas em 2004.

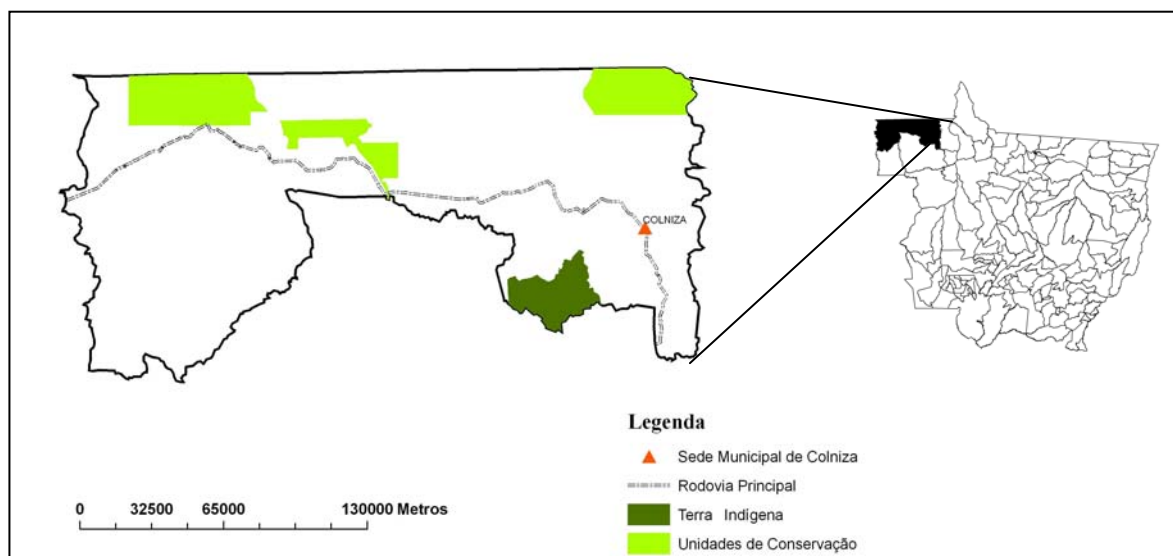


Figura 2 - Mapa político do Mato Grosso com Colniza grifado em preto e ampliado, indicando a área de estudo.

A exemplo do Estado, em Colniza as terras estão concentradas nas mãos de poucos (**Tabela 1**). A área média das propriedades é de 5.028 hectares (cálculo baseado em 32% da área do município que está cadastrada no sistema de licenciamento de propriedades rurais da Fundação do Meio Ambiente do Estado do Mato Grosso – FEMA, atual SEMA) e existem 9 fazendas acima de 20.000, que somadas às outras áreas, contabilizam 56,83% da área total cadastrada no município.

Tabela 1-Dados de propriedades rurais licenciadas pela FEMA em Colniza.

Tamanho Propriedades (hectares)	Nº propriedades	% do total de propriedades	Soma das áreas das propriedades (hectares)	% em relação ao total da área
<=50	5	2.86	157.38	0.02
50-100	4	2.29	274.18	0.03
100-400	12	6.86	2,657.16	0.30
400-1.500	57	32.57	53,270.63	6.05
1.500-5000	75	42.86	199,296.35	22.65
5.000-10.000	6	3.43	42,113.55	4.79
10.000-20.000	7	4.00	82,119.89	9.33
>20.000	9	5.14	500,067.25	56.83
Total	175	100.00	879,956.39	100.00

Fonte : FEMA, 2005

4. O modelo DINAMICA e as métricas da paisagem.

O modelo DINAMICA (Soares-Filho et al., 2002) possui uma interface computacional bastante amigável. O *software* usa como entrada um conjunto de mapas, a saber: um mapa da paisagem inicial, neste estudo foi empregado um mapa de cobertura da terra fornecido pelo projeto PRODES (INPE, 2005), um mapa do tempo de permanência de cada célula no seu estado atual, e um conjunto de variáveis cartográficas, que se dividem em dois tipos, estáticas e dinâmicas, sendo as últimas recalculadas em cada iteração do programa. As variáveis estáticas utilizadas foram: distância a estradas, distância a sedes municipais, solos, unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos do INCRA. Estas variáveis, mais a variável dinâmica – distância a área previamente desmatada, são combinadas através da definição de seus pesos de evidência (Soares Filho et al., 2004), para gerar os mapas de probabilidade de transição. Após cada iteração, DINAMICA produz um novo mapa da paisagem, os mapas de probabilidade de transição e os mapas de variáveis dinâmicas.

Como regras locais, DINAMICA usa um algoritmo de alocação de mudanças composto por dois processos de transição complementares, denominados, respectivamente, Expander (função expansora) e Patcher (função formadora de manchas), além de um módulo de difusão. A função expansora se dedica unicamente à expansão ou contração de manchas prévias de uma determinada classe. O segundo processo é responsável por formar novas manchas. Ambos os processos usam um mecanismo nucleador de manchas que opera sobre o mapa de probabilidades de transição e tem como parâmetros de entrada a isometria, a variância e o tamanho médio das manchas. A quantidade definida de células a serem mudadas para uma determinada transição é repartida, de acordo com o especificado pelo usuário, entre as duas funções. Já o módulo de difusão leva um processo de transição $i \rightarrow j$ a migrar para novas áreas, em função de uma saturação assintótica de células j dentro de uma vizinhança especificada.

Para uma análise um pouco mais refinada das paisagens simuladas, que acrescentasse alguma informação adicional aos resultados obtidos diretamente do DINAMICA, optamos por fazer uma leitura dos padrões espaciais do desmatamento dos cenários modelados através de algumas métricas de paisagem (**Tabela 2**), processadas no *software* Fragstats, versão 3.3 (McGrigal & Marks, 1995).

Tabela 2: Índices de paisagem utilizados para quantificar a configuração espacial das manchas de desmatamento nos cenários obtidos para a paisagem de Colniza-MT.

<i>ÍNDICE DE PAISAGEM*</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
PLAND	Porcentagem da área total coberta por determinada classe. Amplitude de variação 0 a 100.
AI	Índice de agregação. Mede o grau de agregação de determinada classe. Amplitude de variação 0 a 100.
LPI	Refere-se à porcentagem total da área contida pela mancha de maior tamanho de desmatamento. Amplitude de variação 0 a 100.
NP	Número de fragmentos de determinada classe
SHAPE_AM	Mede a complexidade das manchas de determinada classe comparada a uma mancha quadrada de mesmo tamanho. Quanto mais próxima a 1 mais regular é a mancha.
AREA_AM	Tamanho médio das manchas de determinada classe. Medida ponderada pela proporção que cada mancha ocupa na paisagem

* As abreviaturas das métricas são originais do *software* Fragstats 3.3. Para maiores informações, consultar McGrigal & Marks (1995)

5. Resultados

A configuração da paisagem em 2004, ano de partida para todos os cenários modelados, bem como os resultados da simulação do cenário intermediário, otimista e usual são ilustrados nas **Figuras 3, 4, 5 e 6** respectivamente.

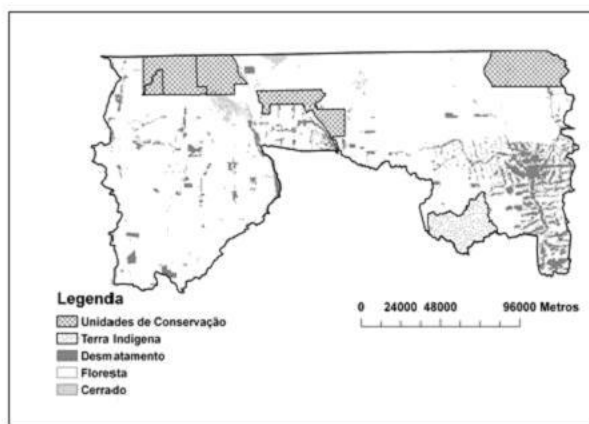


Figura 3 – Configuração da paisagem em 2004, em Colniza- MT.

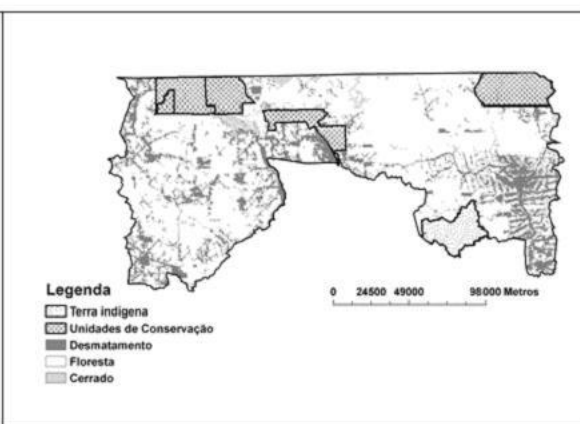


Figura 4 – Cenário intermediário de Colniza-MT modelado para 2020.

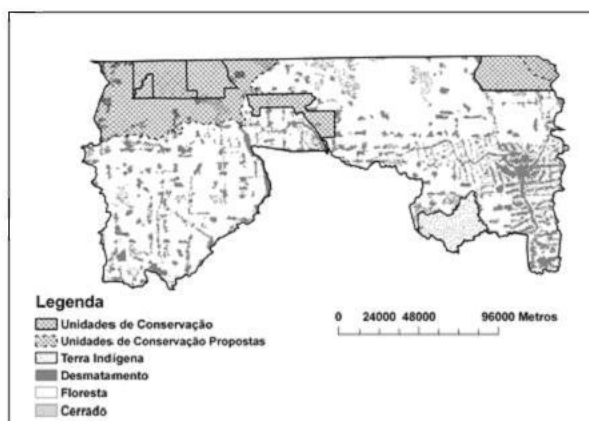


Figura 5 – Cenário otimista de Colniza-MT modelado para 2020.

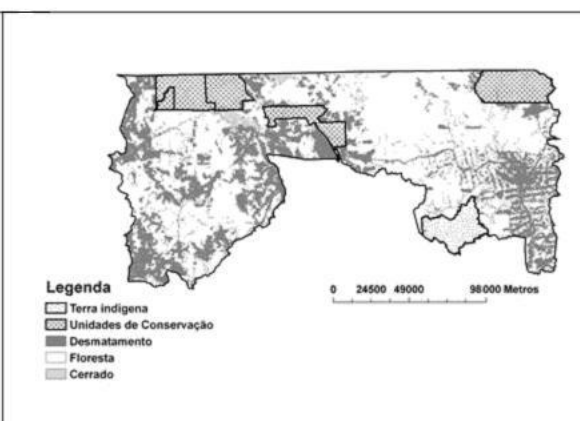


Figura 6 – Cenário usual de Colniza-MT modelado para 2020.

Em termos de composição, os cenários usual, intermediário e otimista apresentam 28,5% , 18% e 18%, respectivamente, de suas áreas desmatadas no ano 2020, não contabilizado o desmatamento em cerrado. Em termos de área de floresta preservada, a diferença entre o cenário otimista e a usual é de 2.840 km². Como mostrado na **Figura 7**, os cenários otimista e intermediário possuem o mesmo percentual de área desmatada, pois ambos foram modelados usando a mesma taxa de transição. A diferença entre eles está na configuração espacial das manchas de desmatamento: enquanto no cenário intermediário o desmatamento está concentrado ao longo das estradas e da sede municipal, no cenário otimista ele está mais espalhado, formando manchas de pequeno e médio porte por toda a paisagem. Levando em consideração que, no cenário otimista, todo o município foi dividido em glebas de 5000 hectares (tamanho médio das propriedades da região) e que, dentro de cada gleba, apenas 20% da área está sujeita a ser desmatada, um resultado como este era esperado.

É importante ressaltar que a escala de análise pode modificar muito o resultado do modelo (Wu, 2004). A taxa de desmatamento do noroeste mato-grossense como um todo, para o período 2000-2004, foi de 3,2% ao ano, enquanto que, em Colniza, foi de 1,5% ao ano

no mesmo intervalo de tempo. Logo, a projeção de cenários futuros baseado em padrões passados depende muito da escala de abordagem. O município de Colniza está inserido num contexto regional, onde o aumento ou decréscimo das taxas de desmatamento é reflexo do que acontece não somente na escala municipal, mas principalmente nas escalas estadual e federal. Assim sendo, embora o exercício de modelagem tenha se baseado nas taxas de desmatamento municipal para fazer projeções futuras, estamos cientes de que, provavelmente, essa taxa deva aumentar nos próximos anos, pois a queda vertiginosa dos estoques de madeira nos municípios da região centro-norte e nordeste mato-grossense devem empurrar grandes madeireiras para o extremo oeste do Estado.

A análise da métrica LPI e AREA_AM (Figuras 8 e 9) evidencia o que observamos através da análise visual dos cenários modelados em 2020, ou seja, as manchas de desmatamento são maiores no cenário usual, 71.988 hectares em média, e menores no otimista, 13.414 hectares. O cenário intermediário possui manchas intermediárias aos outros dois cenários, 44.208 hectares. Conseqüentemente a maior gleba desmatada no cenário usual ocupa 5,8% da área total do município. No intermediário, este valor é de 4,9%, e no otimista, é de 2,7%. Lembramos que o tamanho médio das manchas de desmatamento está ponderado pela proporção que cada mancha ocupa na paisagem, daí os valores altos da métrica AREAM_AM.

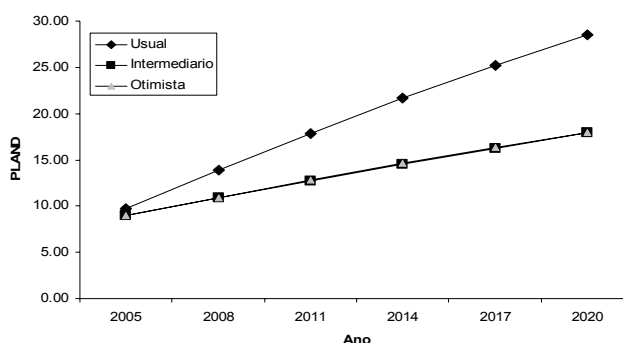


Figura 7: Porcentagem da área total de Colniza desmatada (PLAND) de 2005 a 2020.

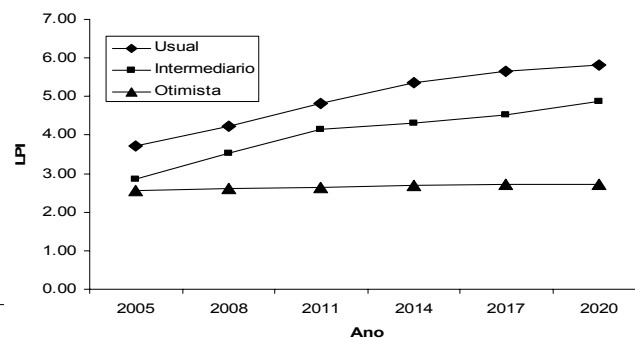


Figura 8: Porcentagem da paisagem de Colniza ocupada pela maior mancha de desmatamento (LPI) frente aos diferentes cenários modelados de 2005 a 2020.

Ao contrário das métricas LPI e AREA_AM, o índice NP (Figura 10), que nos diz o número de manchas de desmatamento, não mostrou diferença expressiva de um cenário para o outro, embora, visualmente, o cenário otimista pareça ter mais mancha que os demais. O número total manchas em 2020 para os cenários usual, intermediário e otimista é de 1811, 2071 e 1692 respectivamente.

Analisando a métrica SHAPE_AM (Figura 12), que mede a complexidade das manchas de desmatamento (ver Tabela 2), a compreensão do porquê dos resultados similares da métrica NP se torna mais fácil. Enquanto, no cenário otimista, as manchas de desmatamento são mais homogêneas, SHAPE_AM variando entorno de 6, nos cenários usual e intermediário elas são mais heterogêneas, variando de 9,57 a 13,4. Isso significa que, no cenário usual, as manchas de desmatamento são de fácil percepção, pois se assemelham a um quadrado. Já no outros dois cenários, elas assumem formas mais complexas, como uma linha de desmatamento ao redor de uma estrada, tornando a percepção visual mais difícil.

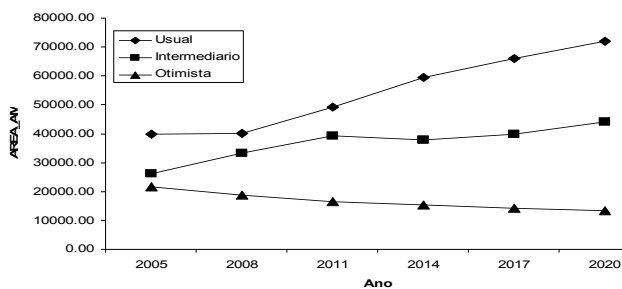


Figura 9: Tamanho médio das manchas (AREA_AM) de desmatamento em Colniza frente aos diferentes cenários modelados de 2005 a 2020.

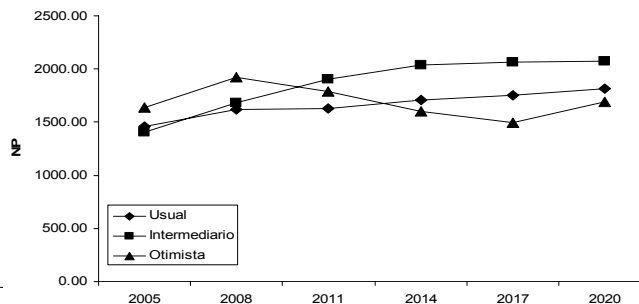


Figura 10: Número de manchas de desmatamento (NP) em Colniza frente aos diferentes cenários modelados de 2005 a 2020.

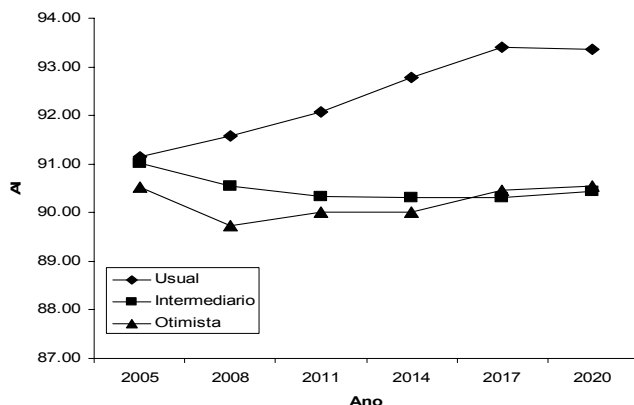


Figura 11: Índice de agregação (AI) em Colniza frente aos diferentes cenários modelados de 2005 a 2020.

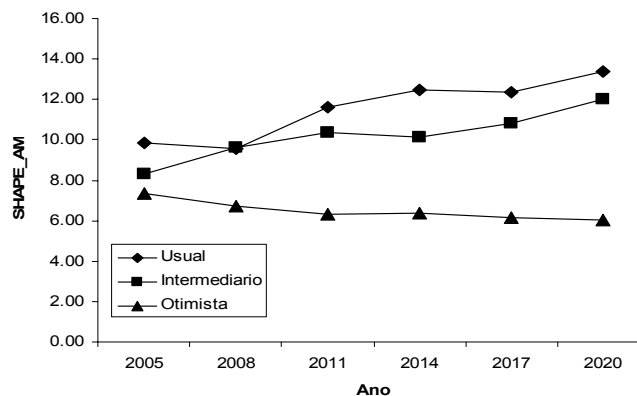


Figura 12: Índice de complexidade das manchas de desmatamento (SHAPE_AM) em Colniza frente aos diferentes cenários modelados de 2005 a 2020.

A exemplo da métrica NP, o índice de agregação (AI) também diferiu pouco entre os três cenários analisados (**Figura 11**), sendo sempre superior a 90%. O cenário usual apresentou um ligeiro aumento na agregação das manchas de desmatamento, passando de 91% em 2005 para 93,4 % em 2020. Os demais cenários mantiveram a agregação das manchas em torno de 90%.

Por ainda conter mais 90% de sua cobertura florestal em pé, o município de Colniza é um caso ímpar no Estado do Mato Grosso, onde a maior parte dos municípios já desmataram mais do que o permitido por lei. Portanto, é um município que ainda pode evitar o caminho observado nos demais municípios do Estado, que, em sua grande maioria, passaram pelo *boom* de crescimento econômico decorrente da exploração madeireira e, em seguida, colapsaram, com a exaustão do recurso.

Caso a taxa de desmatamento continue no mesmo patamar observado entre 2000-2004, cenário usual, no ano de 2013 o município ultrapassará os 20% de área total desmatada permitido por lei, e em 2045, metade da suas terras terão sido convertidas em outra forma de uso do solo. E seguindo o cenário intermediário, o índice de 20 e 50% de desmatamento será atingido em 2023 e 2090, respectivamente. Como no cenário otimista pressupõe-se que haverá um respeito à reserva legal de 80 %, em 2023, o município de Colniza terá atingido sua cota de desmatamento e não será mais permitido o corte raso da floresta.

No tocante às diferenças observadas na configuração espacial do desmatamento nos cenários intermediário e otimista, a pergunta que se faz é: qual é a implicação ambiental de.

optarmos por uma ou outra forma de desmatamento? É preferível ter extensas glebas de áreas desmatadas concentradas ao redor das estradas e núcleos urbanos, caso de cenário intermediário, ou glebas de desmatamento espalhadas por toda paisagem e de tamanho intermediário, caso do cenário otimista?

A concentração do desmatamento ao redor dos núcleos urbanos acaba por suprimir um recurso importante para a manutenção da qualidade de vida nas cidades. Além de servir como opção de recreação e lazer, as florestas são importantes para: manutenção do micro-clima urbano, proteção nos mananciais que abastecem as cidades, e manutenção de espécies animais importantes no controle biológico de pragas agrícolas que atacam as lavouras nas cercanias. Soma-se a isso o fato de que as florestas, muitas vezes, abrigam espécies endêmicas e raras, e a sua supressão total acaba por extinguir espécies ainda desconhecidas pela ciência.

O desmatamento decorrente da construção de uma estrada é um dos principais responsáveis pela fragmentação de florestas (Forman, 1995). A construção de uma estrada qualquer divide um bloco de floresta contínua em duas metades, e o crescimento desordenado das estradas endógenas tem um poder de fragmentação enorme. Em 2020, a malha de estradas endógenas simulada pelo DINAMICA no cenário intermediário havia dividido o município de Colniza em 4 grandes blocos de floresta e outros 4.000 pequenos e médios fragmentos. Já no cenário otimista, embora tenha a mesma proporção de área desmatada que o intermediário, a floresta se encontra menos fragmentada.

Diante do exposto acima conclui-se que o arranjo espacial da paisagem do cenário otimista em 2020 é preferível à paisagem simulada no cenário intermediário para o mesmo ano.

6.Referência

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2000**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2001. Disponível em ; <<http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp>> Acesso em : 16 agosto 2005

Forman, R. T. T. Some general principle of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**. V.10, p.133-142,1995.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, Projeto PRODES. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/prodesdigital> Acesso em: 19 fevereiro 2005.

McGrigal, K.; Marks, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. U. S. Forest Service General Technical Report PNW 351. Corvallis : Oregon State University, 1995.

Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Pennachin, C. L. DINAMICA--a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v.154, p.217-235, 2002.

Soares-Filho, B. S. et al. SIMULATING THE SPATIAL PATTERNS OF CHANGE THROUGH THE USE OF DINAMICA MODEL. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003 Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. Artigos, p.721-728.

Soares-Filho, B. et al. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santaréma-Cuiabá corridor. **Global Change Biology**. v.10, p.745-764, 2004.

Verburg, P. H. Land use change modelling: current practise and research priorities. **GeoJournal**. no prelo.

Wu, J. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. **Landscape Ecology**. v.19, p.125-138, 2004.