



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



## **DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DAS ÁREAS DESFLORESTADAS NO ESTADO DO PARÁ**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Afonso Henrique Moraes Oliveira (UFRA, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: [afonso.oliveira@inpe.br](mailto:afonso.oliveira@inpe.br)

Marcos Adami (CRA/INPE, Orientador)

E-mail: [marcos.adami@inpe.br](mailto:marcos.adami@inpe.br)

### **COLABORADORES**

Dra. Alessandra Rodrigues Gomes (CRA/INPE)

**Julho de 2016**

# **DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DAS ÁREAS DESFLORESTADAS NO ESTADO DO PARÁ**

Relatório Final de projeto de  
iniciação científica  
(PIBIC/CNPq/INPE), referente  
ao período da bolsa vigente  
como requisito obrigatório para  
a conclusão da bolsa.

**INPE**

**Belém-Pará**

**Julho de 2016**

## Resumo

O Estado do Pará foi o estado que mais desflorestou no ano de 2013 segundo os resultados do Projeto PRODES. Com a criação do projeto TerraClass, foi possível qualificar o desmatamento mapeado pelo PRODES e fornecer dados sobre a cobertura da terra em toda a Amazônia Legal Brasileira. Nas últimas duas décadas a área de endemismo Tapajós sofreu uma redução de mais de 20% nas áreas florestadas. Nesse sentido, entender como se desenvolveu esse processo; quais os usos que ocuparam as áreas de floresta; quais foram as transições mais significativas são importantes para contribuir com o desenvolvimento de políticas de gestão sustentáveis dos ecossistemas na Floresta Amazônica. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo geral analisar a dinâmica de mudança de uso da terra na área de endemismo Tapajós utilizando os dados TerraClass e se baseando na matriz de transição para os anos de 2004 a 2012. O objetivo secundário é analisar o processo de transição entre as classes, indicar as mais vulneráveis a mudanças e permanência. Tais mudanças são mensuradas de forma quantitativa, verificando o ganho, a perda, realocação ou a permanência da classe correspondente a um determinado uso. As perdas referem-se à diminuição da área de determinada classe existente em um primeiro período (ano  $t^1$ ), que cede espaço a outra classe em um período posterior (ano  $t^{1+1}$ ). De maneira contrária, processos de ganhos, representam um aumento da área de determinada classe, em detrimento de outra classe. A permanência, expressa a proporção da classe que não sofreu qualquer tipo de transição. Nesta área de estudo, a floresta teve a sua área reduzida em 3,54% durante o período de 2004 a 2012, tornando-a mais susceptível a perdas de integridade. A pastagem foi a classe que mais recebeu área oriunda da floresta, 1,63%. A centro de endemismo abriga 16,75% das áreas pastoris do Bioma Amazônia, a pastagem ganhou cerca de 10.709 km<sup>2</sup> de áreas de floresta, a classe obteve um valor absoluto de mudança de 6,02%, em outras palavras, foi a classe de maior dinâmica de ganhos e perdas, o que evidencia uma classe frágil e susceptível a transições e mudanças de uso. A Vegetação Secundária passou de 9,32% para 19,87%, que em sua grande parte foram provenientes de pastagens. Os valores de persistência apresentaram-se bastantes elevados, 1,97%, isso pode ser resultado da preservação de áreas e sua posterior regeneração natural. A classe de agricultura foi a que apresentou o maior ganho, 1,74%, e os menores valores de realocação, 0,12%, o que torna a classe a de maior integridade e potencial de expansão para novas áreas. Sua elevada razão ganho/persistência e valores de perdas nulos configuram a classe como altamente consolidada na região.

## Sumário

Resumo.....	3
<b>1. Introdução.....</b>	<b>5</b>
<b>2. O centro de endemismo – Área de estudo .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>8</b>
3.1. Matriz de Transição detalhada.....	9
3.2. Mudanças, vulnerabilidade e permuta .....	10
<b>4. Resultados .....</b>	<b>11</b>
4.1 Transição de 2004 a 2012 .....	13
4.2 Perdas, ganhos e persistência.....	14
4.3 Transição das mudanças e vulnerabilidade para Transição.....	18
<b>5. Discussão .....</b>	<b>20</b>
5.1 Sistema de Produção: Agricultura Mecanizada.....	21
5.2 Sistema de Produção: Pecuária.....	25
5.3 Coberturas Arbóreas: Vegetação Secundária e Floresta .....	27
<b>6. Conclusões.....</b>	<b>30</b>
<b>7. Trabalhos publicados durante do período do estágio .....</b>	<b>31</b>
Bibliografia.....	32

## 1. Introdução

A Amazônia tem sofrido incalculáveis danos com intensos processos de mudanças nas últimas décadas. A ocupação desordenada e o aumento acelerado da produção agrícola e pecuária na região se converteram em fatores nocivos a manutenção do meio ambiente. Uma vez que esses processos, quando desenvolvidos com ausência de sustentabilidade, acabam impactando diretamente nos ecossistemas, bem como desregulando os ciclos biogeoquímicos, elevando a emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera, poluindo os rios, ameaçando habitats e alterando, enfim, degradando a fauna e flora (Liu et al., 2015; Shiesari et al., 2016; Aguiar, 2012; Morton, 2011; Davidson, 2012; Greenpeace, 2013; Gibbs, 2015; Novo, 2006; Junior 2014; Fanin & Werf, 2015; Fearnside, 2008; INPE, 2015).

O Bioma Amazônia possui a maior floresta tropical do planeta, cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup> de Florestas Densas. Com a flora mais rica do mundo, a região compreende cerca de 21 mil espécies fanerogâmicas. (GENTRY, 1982). ROBERTS (1972) estima que o número de espécies de peixes para toda a bacia amazônica seja maior que 1.300, quantidade superior à encontrada nas demais bacias do mundo BÖHLKE et al., (1978). 163 registros de espécies de anfíbios foram encontrados para a Amazônia Brasileira, 4% das espécies estimadas mundialmente (HADDAD, 1998). Na Amazônia, há cerca de 1.000 espécies de aves, das quais 32 podem ser consideradas endêmicas à Amazônia Brasileira (SILVA, 1995).

A área de Endemismo Tapajós tem sofrido fortes pressões nos últimos anos com o avanço dos sistemas de produção atual em larga escala, com Agricultura e Pecuária. Nas últimas duas décadas a área sofreu uma redução de mais de 20% nas áreas florestadas. Nesse sentido, entender como se desenvolveu esse processo, e quais os usos que ocuparam as áreas de floresta, bem como quais foram as transições mais significativas são importantes para contribuir com o desenvolvimento de políticas sustentáveis de gestão dos ecossistemas na Floresta tropical amazônica.

Vários trabalhos envolvendo técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento vindo sendo desenvolvidos na Região Amazônica, no sentido de somar esforços principalmente para conter o desmatamento ilegal e também para buscar entender as implicações que essas mudanças de uso da terra podem causar aos Ecossistemas e ao meio ambiente local e Global. (Novo, 2006; Morton et al., 2006;

Aguiar et al., 2007; Rudel et al., 2009; Hansen et al., 2009; DeFries et al., 2010; Westhoek H. et al., 2011; Rudorff et al., 2011 e 2012; Lapola, 2013; Havlíket et al., 2014; Spera et al., 2014; Gibbs et al., 2015; Martini et al., 2015).

Nesse sentido, o uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento convertem-se em ferramentas fundamentais e imprescindíveis para a tomada de decisões e apoio a políticas públicas voltadas a mitigação dessas mudanças bem como os prováveis impactos causados como, por exemplo, o desenvolvimento socioeconômico do local, a preservação, a manutenção e gestão do espaço.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo geral analisar a dinâmica de mudança de uso da terra na área de endemismo Tapajós utilizando os dados TerraClass e se baseando na matriz de transição para os anos de 2004 a 2012. Como metas secundárias, objetiva-se encontrar as classes mais importantes nesse processo de transição, as classes mais vulneráveis a mudanças e permanência.

Com os resultados, será possível apontar quais são as classes que tem causado maior impacto nas áreas florestadas, bem como discriminar sistematicamente os padrões de uso e transição e possíveis ameaças aos ecossistemas da área de endemismo. Por fim este estudo pretende servir de subsidio à tomada de decisão em programas voltados ao estabelecimento de indicadores de desenvolvimento sustentável na Amazônia.

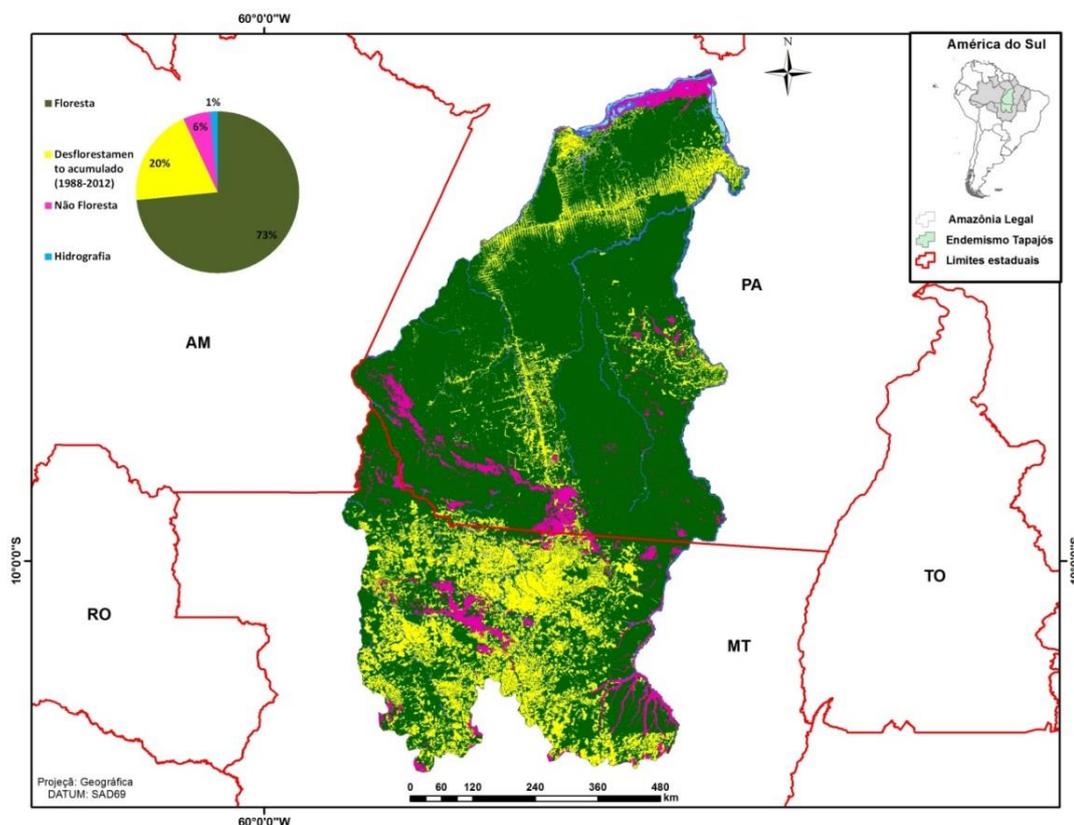
## 2. O centro de endemismo – Área de estudo

O centro de endemismo Tapajós está localizado ao Oeste do Pará e ao Norte do Mato Grosso. Este centro possui uma área de 656.150,10 km<sup>2</sup>, sendo a umas das maiores da Amazônia, composta por 56 municípios, 17 no Pará e 39 no Mato Grosso. Figura 1.

Esta área abriga 35 terras indígenas, sendo que 3 delas estão nos limites entre os dois estados, 14 estão no estado do Mato Grosso e 18 no estado do Pará. As áreas de terras indígenas ocupam 25,58% de toda a área de endemismo. Também estão localizadas áreas protegidas, como Florestas Nacionais, Reservas Biológicas, Reservas Extrativistas, Parques Nacionais, e outras unidades de conservação.

Ao todo, a área é ocupada 18 UC's, compreendendo 23,97% da área total de endemismo, isso implica que cerca de 50% de sua área está protegida. A área ainda contempla 73% de áreas de floresta Nativa e cerca de 20% desmatada, sendo o centro endêmico mais preservado do estado do Pará e um dos mais preservados da Amazônia.

**Figura 1.** Localização da Área de Endemismo Tapajós.



### 3. Metodologia

A análise de mudança de uso de terra foi realizada a partir de dados do Projeto TerraClass de 2004 e 2012. O projeto gera dados que qualificam os desflorestamentos na região Amazônica em 12 tipos de uso, com destaque para as classes: Agricultura, Pastagens e Vegetação Secundária. As 12 classes mapeadas do Projeto foram agrupadas em 5, no sentido de facilitar a análise, sendo elas: Agricultura, Pastos, Floresta, Vegetação Secundária e Outros (Tabela 1). Analisou-se a transição do ano de 2004 (pico de desmatamento na Amazônia) a 2012 para verificar os padrões de uso, bem como as mudanças ocorridas neste período de 8 anos. A proporção de todas as classes foi calculada para cada período, 2004, 2008, 2010 e 2012. As mudanças de uso foram determinadas calculando a diferença entre os dois períodos (2004 e 2012).

Tabela 1 – Classes definidas pelo Projeto TerraClass, classes agregadas para o trabalho e descrição dos usos.

Classes definidas pelo TerraClass	Classes agregadas para trabalho	Definição
Floresta	Floresta	Área de floresta primária da Amazônia Legal não alterada, também utilizada pelo projeto Prodes.
Vegetação Secundária Regeneração com Pasto	Vegetação Secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea apresentando dominância de espécies arbustivas e pioneiras arbóreas e com alta diversidade florística.
Agricultura Anual	Agricultura Anual	Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual, sobretudo de grãos, com emprego de padrões tecnológicos elevados, tais como uso de sementes certificadas, insumos, defensivos e mecanização, entre outros.
Pasto Limpo Pasto Sujo Pasto com solo Exposto	Pastagem	Áreas em processo produtivo ou em vias de degradação com desenvolvimento de alguma atividade agropastoril. Predomínio de vegetação herbácea, e cobertura de espécies de gramíneas.
Área Urbana Mineração Mosaico de ocupações Outros Área não Observada	Outros	Demais classes do Projeto TerraClass.

### 3.1. Matriz de Transição detalhada

A matriz de transição é uma metodologia que identifica a transição e as persistências ocorridas entre classes de uso de cobertura da terra (UCT) entre um intervalo de tempo.

A matriz de transição auxilia na interpretação das mudanças ocorridas no período. Quando se trabalha com a matriz de transição simples, geralmente perde-se mudanças sistemáticas, nesse sentido, para a análise de transição de mudança de uso da terra, utilizou-se matriz de transição de mudanças detalhadas, proposta por Pontius Jr. et al., (2004), onde leva-se em consideração se as mudanças que ocorreram no local foram de forma padronizada (sistemática) ou aleatória, onde as mudanças aleatórias são influenciadas por processos únicos e ao acaso, como mudanças rápidas. Em contrapartida, a transição sistemática, resulta-se de processos de mudança regular ou comum (desenvolvimento de fronteira, crescimento populacional, mudanças de governo, etc). Dessa forma é possível analisar sinais fortes e padrões de mudanças (BRAIMOH, 2006).

Nessa matriz, as linhas representam as classes do tempo 1 e as colunas apresentam as classes do tempo 2. Nesta matriz a variável  $C$  refere-se a classe enquanto que os índices  $i$  refere-se ao tempo 1 e o índice  $j$  refere-se ao tempo 2. Desta maneira, a nomenclatura  $C_{ij}$  sugere a proporção de perda de cada classe da categoria  $i$  para a categoria  $j$ . Na diagonal principal  $C_{jj}$  indica a persistência, indicando a persistência da classe. Valores fora da diagonal principal indicam uma transição da classe no tempo  $i$  para outra classe no tempo  $j$ . No total das colunas a notação  $C_{i+}$  denota a proporção de classe no tempo  $j$ . No total das linhas, a notação  $C_{+j}$  apresenta a proporção da classe na categoria  $j$  no tempo 2. Em geral, a matriz de transição finaliza-se aqui, no entanto a Tabela 2 apresenta uma linha e uma coluna adicionais. A coluna adicional indicada do lado direito, apresenta a proporção da classe que experimenta uma perda bruta na categoria  $i$  entre os tempos 1 e 2. A linha adicional inferior, indica a proporção da classe que experimentou ganho bruto da categoria  $j$  entre dos tempos 1 e 2.

**Tabela 2.** A Matriz5x5 de uso da Terra (C é qualquer conversão de um uso para outro).

		2012						
2004		Agricultura Anual	Floresta	Outros	Pasto	Veg. Secundária	Total de 2004	Perda
	Agricultura Anual	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{1+}$	$C_{1+} - C_{11}$
	Floresta	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{25}$	$C_{2+}$	$C_{2+} - C_{22}$
	Outros	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{34}$	$C_{35}$	$C_{3+}$	$C_{3+} - C_{33}$
	Pasto	$C_{41}$	$C_{42}$	$C_{43}$	$C_{44}$	$C_{45}$	$C_{4+}$	$C_{4+} - C_{44}$
	Veg. Secundária	$C_{51}$	$C_{52}$	$C_{53}$	$C_{54}$	$C_{55}$	$C_{5+}$	$C_{5+} - C_{55}$
	Total 2012	$C_{+1}$	$C_{+2}$	$C_{+3}$	$C_{+4}$	$C_{+5}$	1	
	Ganho	$C_{+1} - C_{11}$	$C_{+1} - C_{22}$	$C_{+1} - C_{33}$	$C_{+1} - C_{44}$	$C_{+1} - C_{55}$		

### 3.2. Mudanças, vulnerabilidade e permuta

As mudanças líquidas (*net change*), permutas (*swap*), ganho (*gain*), e a perda (*loss*) foram calculadas para cada período. Mudanças Líquidas representam a diferença entre o ganho e perda de cada classe durante o período de 2004-2012, enquanto a permuta proporciona informação relativa a perdas e ganhos simultâneos de um determinado tipo de uso em diferentes locais no período.

A permuta (*swap*) representa quantidades iguais de perdas e ganhos de uma mesma classe, apenas alterando o local. A proporção de permuta dos usos da classe  $j$ ,  $S_j$  é calculado usando a equação (1), um elevado valor de *swap* para uma determinada classe significa processos de elevada mudança de local para esta classe.

A equação 2 é usada para calcular a proporção da classe que sofre perda bruta da classe nos tempos  $i$  para  $j$ , enquanto que a equação 3 é usada para calcular a proporção da classe de ganho bruto na classe nos tempos  $i$  para  $j$ .

A vulnerabilidade de cada classe de uso de transição é calculada usando a relação entre o ganho e a persistência (Equação 4), a relação perda para persistência (Equação 5) e as mudanças líquidas para a persistência (Equação 6).

Valores de  $G_p$  e  $L_p$  maiores que 1 indicam que a classe tem maior tendência a ganhar das outras classes do que perder, e os valores negativos de  $N_p$  indicam que a classe tem maior tendência a perder área do que ganhar (Tabela 3).

**Tabela 3 .-** Lista de equações, abreviação e interpretação.

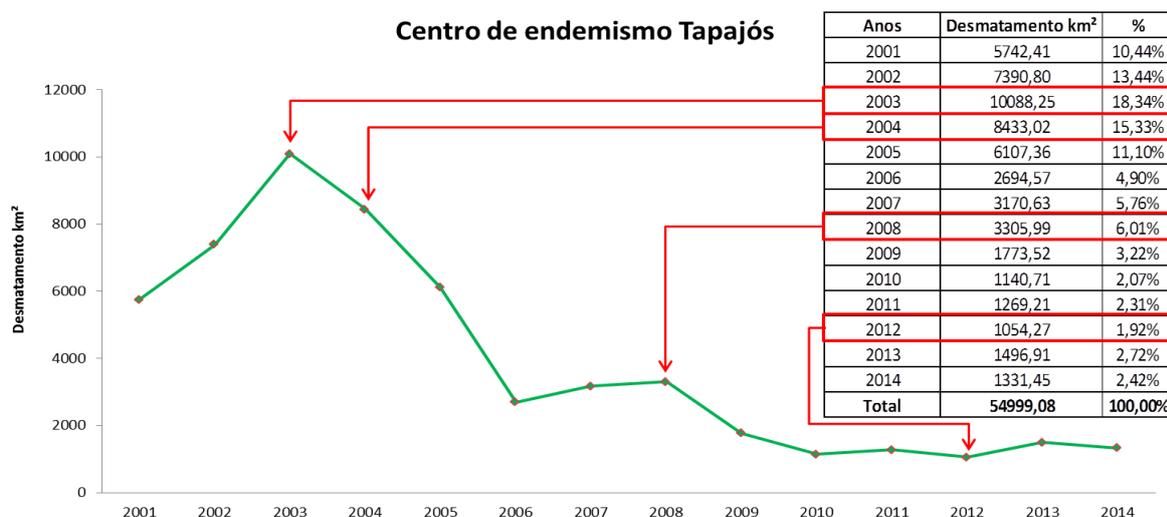
	Abreviação	Nome	Equação	Interpretação
Eq. 1	$S_j$	Swap	$2\min(C_{j+} - C_{jj}, C_{+j} - C_{jj})$	Distância em que a mudança ocorre.
Eq. 2	$C_i + - C_{ii}$ ou $g$	Gross Loss	$\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{ii}$	A magnitude de perda para a classe.
Eq. 3	$C_{+j} - C_{jj}$ ou $l$	Gross gain	$\sum_{j=1}^n C_{ij} - C_{jj}$	A magnitude de ganho para a classe.
Eq. 4	$G_p$	Gain to Persistence	$G_p = g * p^{-1}$	$G_p$ superior a 1 indica que a classe de uso considerada, tem uma maior tendência a ganhar área das outras classes que persistem.
Eq. 5	$L_p$	Loss to Persistence	$L_p = l * p^{-1}$	$L_p$ negativo indica que a classe de uso considerada tem uma maior tendência a perder das outras classes que persistem.
Eq. 6	$N_p$	Net persistence	$N_p = G_p - L_p$	$N_p$ negativo indica que a classe de uso tem uma maior tendência a perder área para os outros tipos de classes, de que ganhar delas.

Fonte: Adaptada ISSA (2015).

#### 4. Resultados

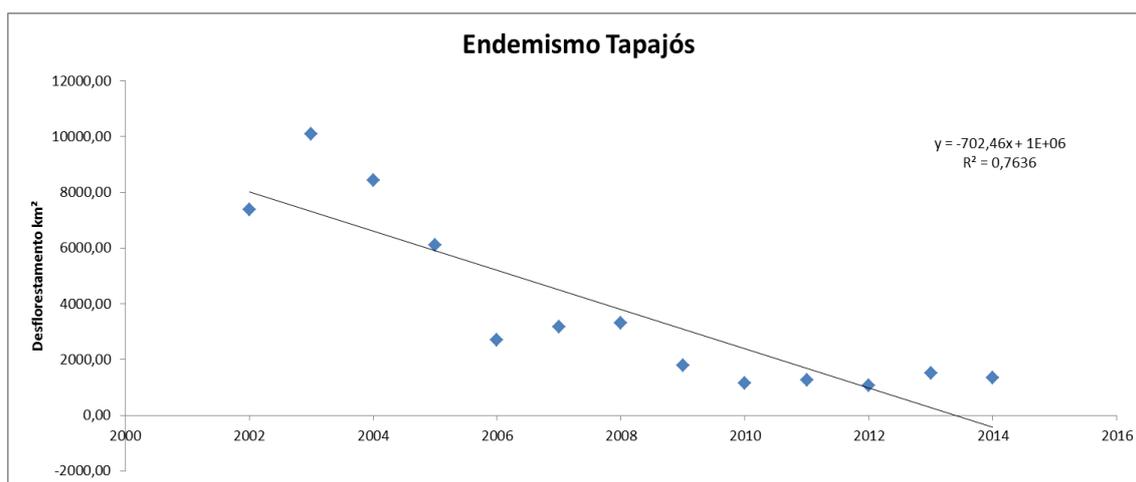
Em 2003, 10.088,25km<sup>2</sup> de floresta foram convertidas em outros usos, que compreende 18,34% perdas florestais em relação aos anos analisados. No entanto, foi o ano de 2004 o ano que a Amazônia teve umas das maiores taxas de desmatamento de todos os tempos. Quando comparada com a Amazônia, o processo de mudança do uso de terra na área de endemismo Tapajós ocorreu um ano antes do pico que desflorestamento de 2004. A zona norte da área foi o que mais contribuiu para o aumento do desflorestamento e pode ser atribuído ao início das plantações mecanizadas de larga escala no baixo Amazonas (Figura 1).

**Figura 1.** Dados de desmatamento de 2001 a 2014 no centro de endemismo Tapajós.



Na figura 2, é possível perceber a diminuição das taxas de desmatamento na área de estudo, onde a partir do ano de 2008, existe um decréscimo e estabilidade no desflorestamento da área, esses dados inferem em uma possível estabilização do desmatamento da área, uma vez que a partir desses anos não se nota picos ou mudanças significativas, estando na ordem de 1.000 km<sup>2</sup> de área desmatada ao ano.

**Figura 2.** Correlação entre desmatamento e o tempo de 2001 a 2014 no centro de endemismo Tapajós.



## 4.1 Transição de 2004 a 2012

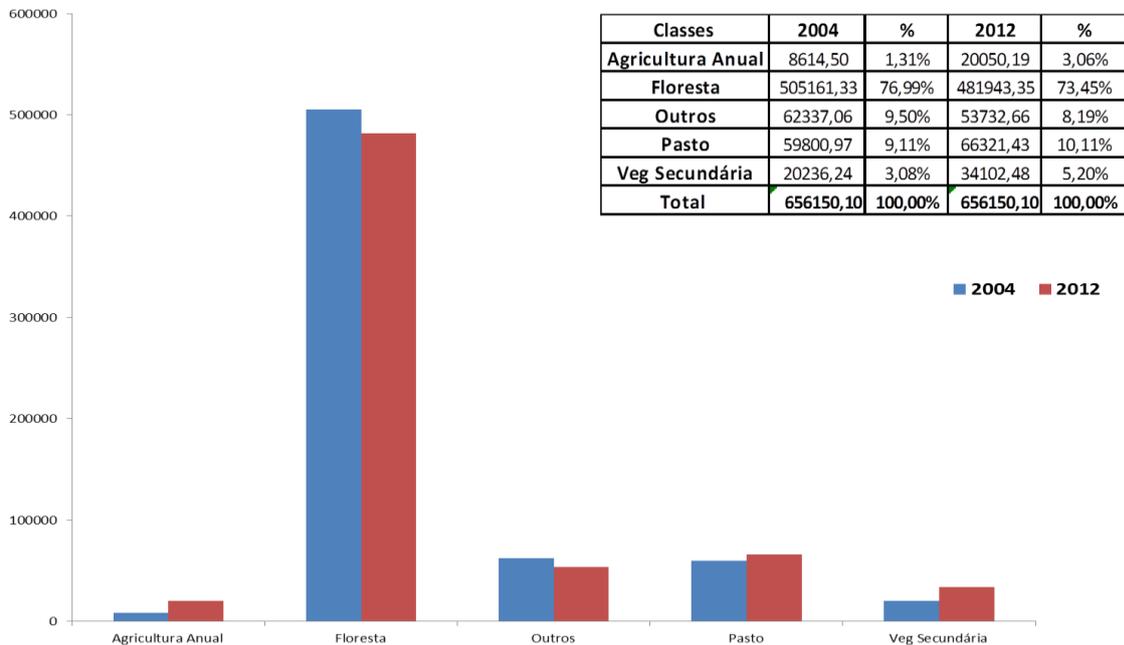
A Amazônia brasileira tem enfrentado diferentes pressões antrópicas intensificadas por atividades extrativistas causando perdas na biodiversidade ocasionando inclusive reduções de bens e serviços ecossistêmicos, decorrente dos processos de mudanças de uso e cobertura do solo, os quais se intensificaram a partir de 2004, quando foram contabilizadas as maiores taxas de desmatamento, atreladas a expansão da fronteira agrícola.

As áreas de floresta convertidas em pecuária e agricultura mecanizada foram decorrentes de demandas econômicas nacionais e internacionais, ocasionando alterações na paisagem da região. Resultados publicados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) apontaram que em 2012 cerca de 20% das áreas de floresta na Amazônia sofreram corte raso. Essas perdas ocasionam consequências, inclusive na manutenção de centros de endemismos, os quais apresentam aspectos biogeográficos exclusivos com padrões e ocorrências biológicas específicas.

Os resultados evidenciaram que na área de endemismo Tapajós que no total era de 656.150,10 km<sup>2</sup>, no ano de 2004 apresentava 505.161,33 km<sup>2</sup> de área com Floresta, representando cerca de 77% de toda área. Em 2012 o total de área com Floresta decresceu para 481.943,35 km<sup>2</sup>, contabilizando aproximadamente 73%, indicando perda de 4% da floresta que existia em 2004. Nesse mesmo ano (2004), já estavam sendo destinados para pecuária 59.800,97 km<sup>2</sup>, abrangendo 9,11% de toda área, mas em 2012 houve aumento para 66.321,43, atingindo 10,11% da área de endemismo Tapajós.

Com vegetação secundária em 2004 existiam 20.236,24 km<sup>2</sup>, os quais representavam cerca de 3%, mas, em 2012 os valores já totalizavam 34.102,48 km<sup>2</sup>, representando 5,2%. Em termos de área destinada a agricultura anual, observou-se que em 2004 existiam 8.614,05 km<sup>2</sup>, representando apenas 1,31%, que se expandiu até 2012 para 20.050,19 km<sup>2</sup>, atingindo 3,06%, sendo esse crescimento de 1,74%, maior que a expansão pecuária, que foi na ordem de 0,99%. A vegetação secundária aumentou em 2,11% e as áreas com florestas sofreram reduções de 3,54%, no período analisado. (Figura 3).

**Figura 3.** Área (em km<sup>2</sup>) e porcentagem de diferentes classes de usos da terra e de cobertura vegetal na Área de Endemismo Tapajós em 2004 e 2012.



#### 4.2 Perdas, ganhos e persistência

Os resultados evidenciaram que o centro de endemismo Tapajós possui uma área total de 656.150,10 km<sup>2</sup>, o equivalente ao País da França. No ano de 2004 apresentava 505.161,33 km<sup>2</sup> de área com Floresta, representando cerca de 77% de toda área. Em 2012 o total de área com Floresta decresceu para 481.943,35 km<sup>2</sup>, contabilizando aproximadamente 73%, indicando perda de 3,54% da floresta que existia em 2004. Nesse mesmo ano (2004), já estavam sendo destinados para pecuária 59.800,97 km<sup>2</sup>, abrangendo 9,11% de toda área, mas em 2012 houve aumento para 66.321,43, atingindo 10,11% da área de endemismo Tapajós, apontando um ganho de 1% na classe.

Áreas de vegetação secundária em 2004 somavam 20.236,24 km<sup>2</sup>, os quais representavam 3,08%, porém, em 2012 os valores já totalizavam 34.102,48 km<sup>2</sup>, representando 5,2%. Em termos de área destinada a agricultura anual, observou-se que em 2004 existiam 8.614,05 km<sup>2</sup>, representando 1,31%, que se expandiu até 2012 para 20.050,19 km<sup>2</sup>, atingindo 3,06%, sendo esse crescimento de 1,74%, maior que a expansão pecuária, que foi na ordem de 1%. A vegetação secundária aumentou em 2,11% e as áreas ocupadas por floresta nativa compreendiam 76,99% em 2004, no ano

de 2012, no entanto essa área sofreu decréscimo significativo de 3,54%. A classe outros também diminuiu 1,31%.

A mudança líquida (net change) foi positiva para Agricultura Anual, Pasto e Vegetação Secundária como esperado, e altamente negativa para Floresta e Outros. Agricultura Anual teve uma elevada mudança líquida de 1,74%, outra classe de elevada expressão foi a Vegetação Secundária, de obteve 2,11% de mudança líquida positiva, a classe de Pasto foi a que obteve menor mudança líquida das classes analisadas, 1%. Em termos de mudança líquida negativa (net loss), a classe de floresta sofreu mudança de 3,54%, juntamente com a classe Outros com 1,31%.

O maior valor de permuta (swap) foi da classe Pasto, 5,02%, seguido de Vegetação Secundária 2,22%, logo a classe outros com 1,72% e a que menos apresentou valores de permuta foi a classe de Agricultura Anual, ou seja, é a classe que menos migra para outras áreas dos sítios que sobrem mudança de uso. A classe de Floresta não apresenta permuta, pois é uma classe que não muda de um lugar para outro, apenas há perda de área. Tabela 4, 5 e 6 e figura 4.

É possível analisar dentro dos 8 anos de estudo, mudanças significativas e preocupantes nos ecossistemas . A proporção das mudanças das classes analisadas bem como todos os outros resultados é apresentada na tabela 4 e 4.1. A proporção de mudanças brutas e líquidas, permuta são apresentadas na tabela 5 e figura 5.

**Tabela 4.** Mudança de uso da terra (km<sup>2</sup>) na Área de Endemismo Tapajós entre 2004 e 2012.

	2012						
	Agricultura Anual	Floresta	Outros	Pasto	Veg Secundária	Total 2004	Perda total
<b>Agricultura</b>							
Anual	<b>8236</b>	0	35	181	163	<b>8614</b>	<b>379</b>
Floresta	1940	<b>481943</b>	2446	10709	8123	<b>505161</b>	<b>23218</b>
Outros	2913	0	<b>48098</b>	6814	4512	<b>62337</b>	<b>14239</b>
Pasto	5885	0	2237	<b>43315</b>	8364	<b>59801</b>	<b>16486</b>
<b>Veg</b>							
Secundária	1077	0	917	5302	<b>12940</b>	<b>20236</b>	<b>7296</b>
Total 2012	<b>20050</b>	<b>481943</b>	<b>53733</b>	<b>66321</b>	<b>34102</b>	<b>656150</b>	<b>61618</b>
Ganho total	<b>11815</b>	<b>0</b>	<b>5634</b>	<b>23006</b>	<b>21163</b>	<b>61618</b>	

**Tabela 4.1.** Mudança de uso da terra (%) na Área de Endemismo Tapajós entre 2004 e 2012.

2004	2012					Total 2004	Perda total
	Agricultura Anual	Floresta	Outros Usos	Pasto	Veg. Secundária		
<b>Agricultura</b>							
Anual	<b>1,26</b>	0	0,01	0,03	0,02	<b>1,32</b>	<b>0,06</b>
Floresta	0,3	<b>73,45</b>	0,37	1,63	1,24	<b>76,99</b>	<b>3,54</b>
<b>Outros</b>							
Usos	0,44	0	<b>7,33</b>	1,04	0,69	<b>9,5</b>	<b>2,17</b>
Pasto	0,9	0	0,34	<b>6,6</b>	1,27	<b>9,11</b>	<b>2,51</b>
<b>Veg. Secundária</b>							
Secundária	0,16	0	0,14	0,81	<b>1,97</b>	<b>3,08</b>	<b>1,11</b>
<b>Total 2012</b>	<b>3,06</b>	<b>73,45</b>	<b>8,19</b>	<b>10,11</b>	<b>5,19</b>	<b>100</b>	<b>9,39</b>
<b>Ganho total</b>							
	<b>1,8</b>	<b>0</b>	<b>0,86</b>	<b>3,51</b>	<b>3,22</b>	<b>9,39</b>	

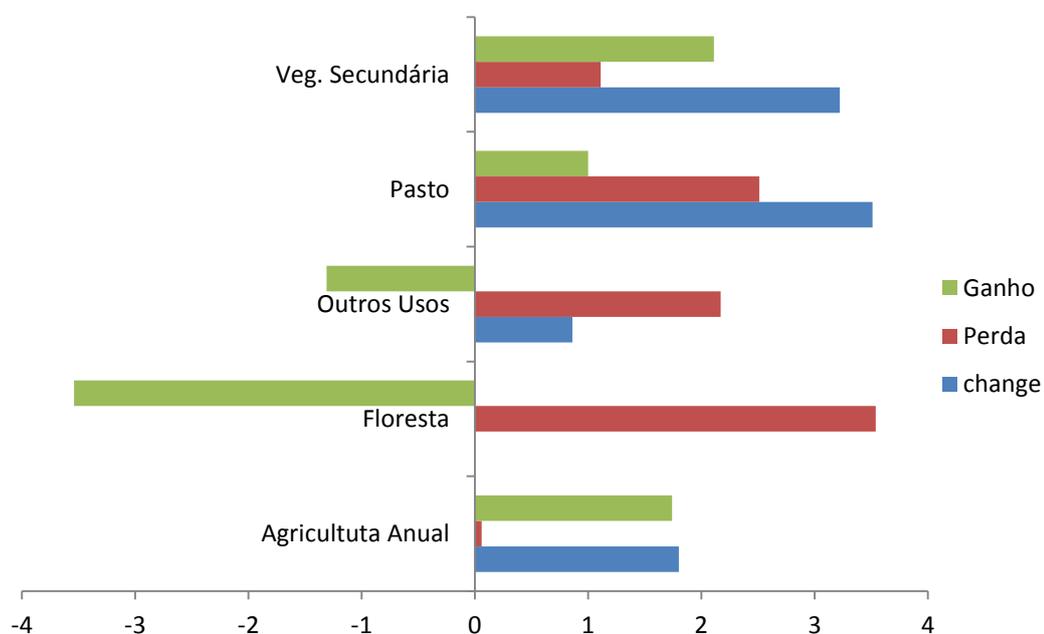
**Tabela 5.** Mudança de uso da terra (%) na Área de Endemismo Tapajós entre 2004 e 2012, em relação as perdas e ganhos totais e líquidos e persistências.

Classes	Total de 2004	Total de 2012	Ganho total	Perda total	Valor		Permutação (swap)	Perda	Ganho
					Absoluto de mudança	Persistência			
<b>Agricultura</b>									
Anual	1,32	3,06	1,8	0,06	1,86	1,26	0,12	-	1,74
Floresta		73,4		3,54	3,54	73,45	0	3,54	-
	76,99	5	0						
<b>Outros</b>	<b>9,5</b>	<b>8,19</b>	<b>0,86</b>	<b>2,17</b>	<b>3,03</b>	<b>7,33</b>	<b>1,72</b>	<b>1,31</b>	<b>-</b>
Pasto		10,1		2,51	6,02	6,6	5,02	-	1
	9,11	1	3,51						
<b>Veg. Secundária</b>									
Secundária	3,08	5,19	3,22	1,11	4,33	1,97	2,22	-	2,11

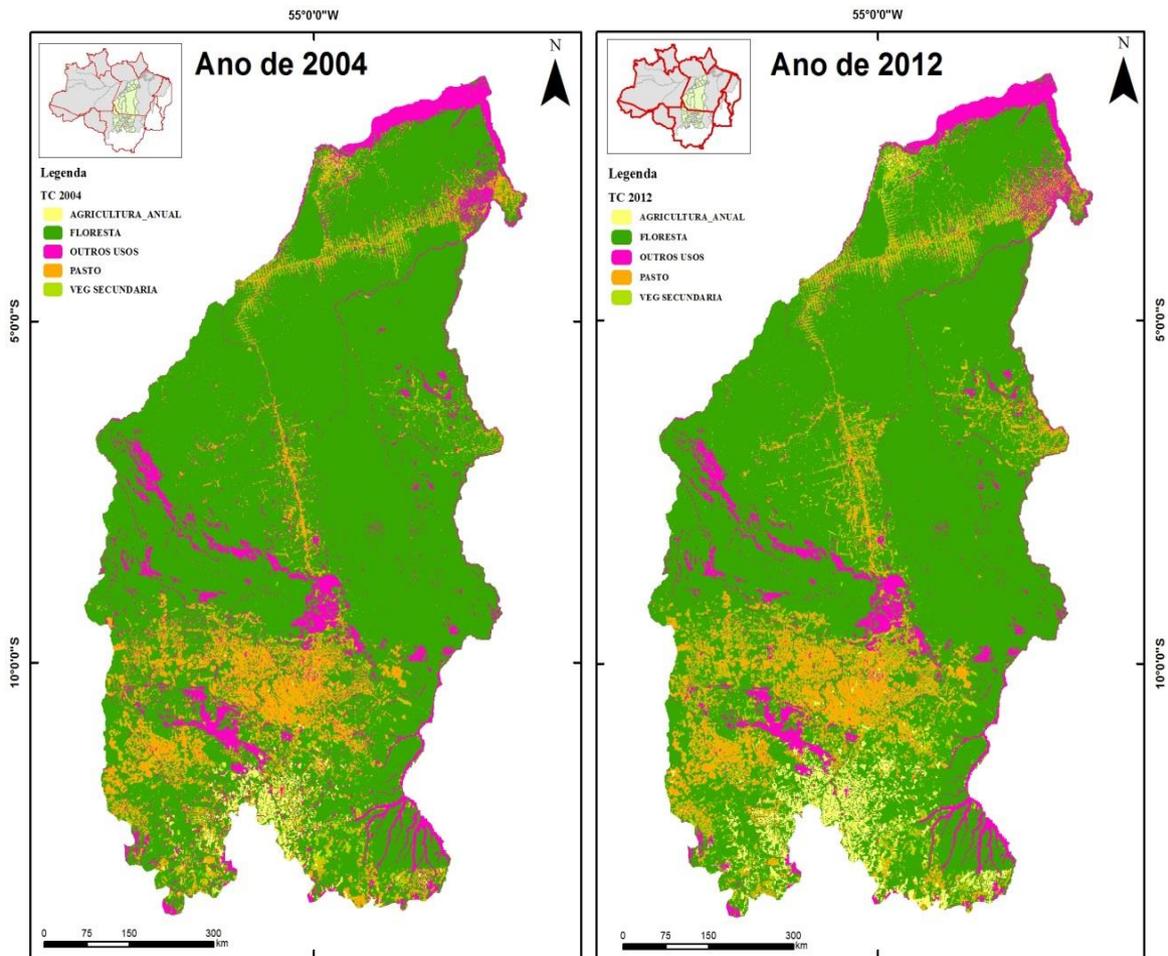
**Tabela 6.** Mudança de uso da terra (%) na Área de Endemismo Tapajós entre 2004 e 2012, em relação a permuta, perda e ganho absolutos.

Classes	Mudança de cobertura		Net		
	2004	2012	Ganho	Perda	Swap
<b>Agricultura Anual</b>	1,32	3,06	1,74	-	0,12
<b>Floresta</b>	76,99	73,45	-	3,54	0
<b>Outros</b>	9,5	8,19	-	1,31	1,72
<b>Pasto</b>	9,11	10,11	1	-	5,02
<b>Veg. Secundária</b>	3,08	5,19	2,11		2,22

**Figura 4.** Ganhos, perdas e mudanças das classes estudadas.



**Figura 5.** Mudança de cobertura da terra na área de Endemismo Tapajós de 2004 a



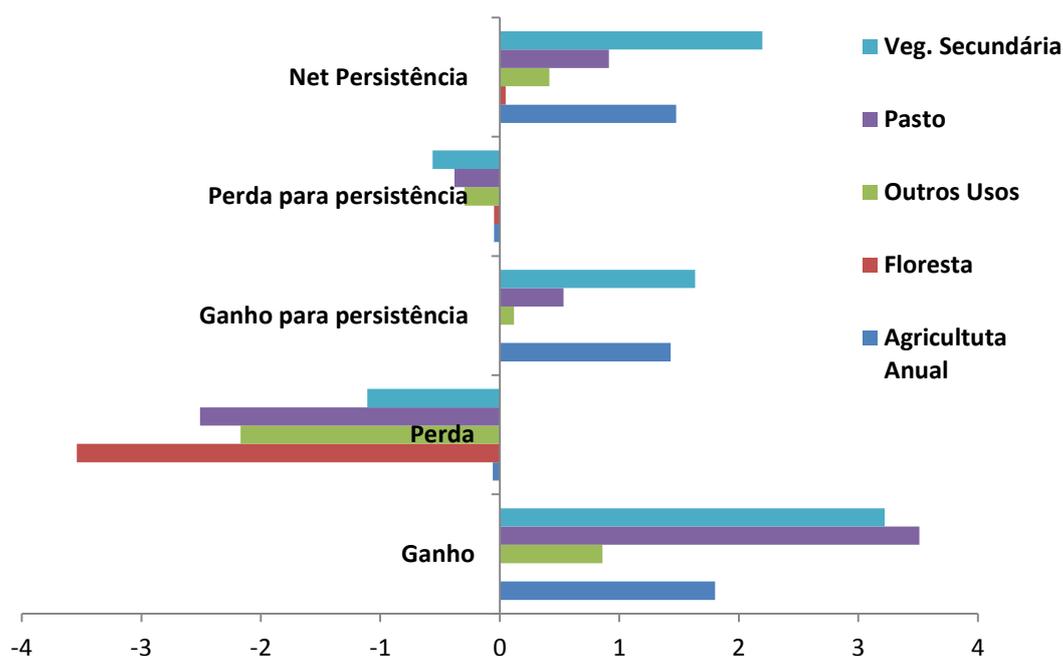
### 4.3 Transição das mudanças e vulnerabilidade para Transição

A vulnerabilidade as mudanças entres as categorias são apresentadas na tabela 7 em termos de ganho para persistência ( $Gp$ ), perda para persistência ( $Lp$ ) e mudança líquida para persistência ( $Np$ ) em relação as classes de cobertura na Área de Endemismo. A Agricultura apresentou uma elevada persistência, sendo maior  $Np$  de todas as classes, apontando esta classe como a classe com maior tendência a aumentar a área. O  $Gp$  foi maior que 1 apenas para Agricultura Anual e Veg. Secundária, evidenciando que essas classes tem maior tendência a ganhar área das outras classes, e se comportam como classes robustas e consolidadas, sofrendo poucos processos de perdas. Os valores foram negativos para Floresta e Outros, esses valores negativos de  $Np$  denotam que a classes é frágil dentre as demais com altas tendências a perda de área e sofrer com processos de mudança (Tabela 7).

**Tabela 7.** Ganho para Persistência (Gp), Perda para Persistência (Lp) e Mudança Líquida para Persistência (Np) em relação as classes de cobertura na Área de Endemismo, entre 2004 a 2012.

	Persistência	Ganho	Perda	Ganho/ persistência a (Gp)	Perda/ persistência a (Lp)	Net Persistência a (Np)
<b>Agricultura Anual</b>	1,26	1,8	0,06	1,43	0,05	1,38
<b>Floresta</b>	73,45	0	3,54	0,00	0,05	-0,05
<b>Outros Usos</b>	7,33	0,86	2,17	0,12	0,30	-0,18
<b>Pasto</b>	6,6	3,51	2,51	0,53	0,38	0,15
<b>Veg. Secundária</b>	1,97	3,22	1,11	1,63	0,56	1,07

**Gráfico 5.** Ganhos, perdas e mudanças das classes estudadas.



## 5. Discussão.

As classes estudadas como cobertura de arbórea (Floresta e Vegetação Secundária) em geral experimentaram perda e ganhos significativos no período estudado, sendo as maiores dentre todas as classes, isso implica dizer que as classes têm sofrido modificações e mudanças intensas na paisagem, onde modificações refere-se a mudanças de condições dentro de uma classe (Desmatamento, por exemplo), enquanto que conversão trata-se de mudança de um uso para outro, como por exemplo 1,27 % de pasto que em um período de 8 anos se converteu em Vegetação Secundária. Isso indica que apesar de áreas de floresta estarem diminuindo na área de endemismo, essa perda está sendo compensada pelo aumento de Vegetação Secundária que obteve um ganho de 3,22%. Esses resultados corroboram com dados do INPE, (2014) que encontraram crescimento de 1,01% de áreas de VS entre os anos de 2008 e 2010. As práticas históricas de manejo e de uso do solo são imprescindíveis para entender processos sucessionais das florestas Amazônicas, uma vez que se trata de técnicas rudimentares e altamente agressivas ao solo, como a agricultura de corte e queima por exemplo. A utilização de fogo para a renovação e aumento da fertilidade do solo compromete a médio e longo prazo o potencial de recuperação dessas áreas. (Massoca et al., 2012).

A diminuição de 3,54% nas áreas de floresta pode estar associadas às políticas governamentais que a região sofreu nas últimas décadas, a pavimentação e manutenção de das rodovias federais, a BR 163 Santarém-Cuiabá por exemplo, como aponta Ahmed et al., (2013) e Fearnside, (1995), aliado as estações bem definidas de chuvas, e aos solos férteis da região Norte da área de endemismo pode ter sido um dos principais fatores para o aumento do desmatamento da região, áreas destinadas ao Gado foram as que mais receberam áreas de Floresta, 1,63%, por outro lado, o aumento das áreas destinadas ao cultivo aumentou exponencialmente na região norte, os valores baixos de permuta (swap) e elevados mudanças líquidas (net change), indicam que esta classe tem ganhado áreas, porém não tem mudado de local, nesse sentido a classe que mais perdeu para a mecanização foi a de Pastagem, 0.9%.

Pode-se afirmar em virtude dos números, que os Pastos em geral ocupam áreas de floresta, que por sua vez possuem uma realocação (swap) muito elevada, inferindo dizer que trata-se de uma classe não consolidada e estável que sofre intensas mudanças de localização no tempo e no espaço, essas áreas destinadas ao gado por sua vez com o

passar do tempo, cedem lugar para a plantio em larga escala de grãos, que possui a menor permuta de todas as classes, 0,12% e a maior  $Np$ , persistência, ou seja é classe com maior tendência a ganhar área das demais classes. O valor elevado de  $Gp$  da agricultura anual indica que a classe possui maior tendência a mudança, por ganho, do que a persistência.

## 5.1 Sistema de Produção: Agricultura Mecanizada

A região Amazônica possui cerca de 6% de terras destinadas a agricultura, com área correspondente a 42.346,85 km<sup>2</sup>(INPE, 2014), no entanto, se levarmos em consideração o potencial de expansão de grãos na região, a área possui elevado potencial para mecanização em larga escala, cerca de 12% (Martini et al., 2015), uma vez que terras agricultáveis são um recurso cada vez mais escasso no planeta e a busca por novas áreas é iminente (Lambin and Meyfroidt, 2011;Lambin et al., 2013).

A área de endemismo Tapajós abriga 47,34% (20.050,19 km<sup>2</sup>) de toda área destinada ao plantio de grãos da Amazônia Brasileira, desse total, 7,52% (3.187,87 km<sup>2</sup>) encontra-se em solos paraenses e 88,21% (37.356,15 km<sup>2</sup>) estão sob domínio dos mato-grossenses, isso significa dizer que praticamente metade das áreas destinadas ao cultivo mecanizado estão localizados dentro da área de endemismo, o que torna ainda mais preocupante e imediato o estudo nessa região que pouco se conhece até o momento. (Silva, 2005; Garda, 2010). Nesse sentido, informações sobre os impactos que essa atividade pode causar nos ecossistemas tropicais e quais são as viabilidades econômicas, social e ambiental que esse avanço trás consigo são escassas. O que se sabe na verdade é que essa expansão concentra-se atualmente nas regiões tropicais, sendo a ultima fronteira agrícola mundial. (Gibbs et al., 2010; Hansen et al., 2009).

A área de endemismo possui estações secas bem definidas, solos férteis, em sua grande parte latossolos profundos, temperaturas constantes e amenas, vias de transporte relativamente boas, como a rodovia Santarém-Cuiabá, o que favorece o crescimento da commodity na região (Nepstad et al., 2006; Lambin et al., 2013; Becker, 2001). Aliados a esses fatores, mais recentemente, fatores externos também tem influenciado, como o aumento internacional por produtos agrícolas (Rudel et al., 2009; DeFries et al., 2010).

Os valores obtidos com as análises mostram que as áreas destinadas à agricultura não estão relacionadas primariamente à diminuição das florestas na região, uma vez que

a classe que mais cede área para a produção agrícola é a Pastagem com 0,9% e não apresentando perdas significativas para nenhuma outra classe amostrada. Os valores obtidos com as análises são consistentes com estudos anteriores realizados na Amazônia. (Espindola et al., 2011; Aguiar et al., 2007; Alves 2009; Escada., 2003; Nepstad., 2001; Martinelli et al., 2010, Spera, 2014).

Dados de alta persistência 1,26% e baixa permuta 0,12% evidenciam que a área destinada a produção de grãos é altamente consolidada na área em que se instala, pois trata-se de uma classe com maior tendência a ganhar área de outras classes e quase nunca sofre processos e mudanças ou realocação, apenas 0,12% ou perdas, 0% para outras áreas. A criação de Porto exportador da Cargil, em 2003, no município de Santarém, que foi criado para servir com escoador da produção de soja do Mato Grosso e que acabou impulsionando a produção nos municípios próximos, como Santarém e Belterra, explicam os valores crescentes de ganho e baixos valores de realocação da classe.

Os valores apontam que esta classe é singular em relação a outros estudos, pois não existe estagnação das áreas, que permanecem crescendo e se estabelecendo, sempre ganhando área de outros usos. Esse padrão de dinâmica de uso não é tão comum em todos os lugares do mundo, por exemplo, em estudos da mesma natureza realizados em uma região semiárida da África aponta que a classe não possui tendência a ganho de área, apresenta baixos valores de persistência, e alto grau de realocação 15,84% em 2000 e 8,08% em 2003, e 11,11% em 2000 e 12,37% em 2003 de perda, o que sugere ser uma classe muito vulnerável na região, seja por condições de fertilidade ou conflitos étnicos (Ouedraogo et al., 2015). Outro estudo realizado por Gutierrez Angonese & Grau (2014) em uma região sub-tropical na Argentina encontraram resultados diferentes, com valores de realocação da classe elevados, porém diferente da Região Semi-árida da África com valores significantes de mudanças, apontado que as áreas sofreram transposição para outros lugares com melhores condições, relacionada com condições principalmente de fertilidade e relevo.

Com o valor de ganho (gain) elevado 1,74%, onde em 2004 apresentava 1,32% de área e em 2012 essa proporção saltou para 3,06%, e a persistência líquida (net persistence) alta os dados apontam que se trata de uma classe que exige certa atenção, pois tem susceptibilidade a crescer dentro das outras classes e permanecer estável.

Pode-se concluir que estamos falando de uma classe com grande potencial de expansão para novas áreas e que nunca cede área as outras classes. A cultura é consolidada e persistente na região, variáveis edafoclimáticas e de infraestrutura podem explicar a consolidação de grãos na região, como é possível observar em outros estudos. (Martini et al., 2015; Gerrett, 2013; Gibbs, 2015; Lapola, 2013).

Entender essa dinâmica de uso, persistência, realocação e mudanças e como elas afetam os ecossistemas e criam novos ecossistemas a partir dos já alterados é importante, a preocupação no aprofundamento do estudo dessas mudanças e mitigação dos efeitos é imprescindível ainda mais quando falamos em Bioma Amazônia, pois as dinâmicas de uso de cobertura da terra trazem fortes e irreversíveis mudanças e alterações nos ecossistemas, bem como desregulam os ciclos hidrológicos, poluem os rios, elevam a emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera, ameaçam habitats, alteram o bem estar da fauna e flora (Silva et al., 2009; Shiesari et al., 2016; Aguiar, 2012; Morton, 2011; Davidson, 2012; Greenpeace, 2013; Gibbs 2015; Novo, 2006; Junior 2014; Fanin & Werf, 2015, Fearnside, 2008).

A região Norte da área de endemismo possui características fisiográficas e políticas de ordenamento um tanto quanto distintas da região sul (Figura 5). É importante discutir essa diferenciação dentro da área endêmica, pois sofreram processos de ocupação singulares entre si, como já exposto anteriormente, o que influenciou na mudança da dinâmica da paisagem. A região Norte por exemplo, trata-se uma ocupação relativamente recente, onde as mudanças se tornaram mais intensas por uma vez (Rudorff, 2012; Costa, 2000; Rocha, 2007; Margullis, 2003). No ano de 2005, os municípios de Santarém e Belterra (ambos localizados ao norte da área) somavam mais de 50% de toda produção de soja do estado do Pará, com cerca de 103 toneladas do grão (IBGE, 2015). A análise aponta que 7 anos após a publicação desses dados, a cultura encontrou boas condições de cultivo e encontra-se consolidada com uma persistência de 1,26% e um ganho de 1,74% com produção média anual de 32.916 toneladas. (IBGE, 2015).

Diferentemente da região Norte, a zona Sul do Mapa, o qual corresponde ao estado do Mato Grosso, onde a cultura é estabelecida há mais tempo, e os processos de ocupação se deram inicialmente pela mineração, seguida da produção de carne mais recentemente da soja, as áreas protegidas são pouquíssimas. Essas informações são

relevantes uma vez que 3,4% de florestas foram convertidas em algum uso e seu valor de persistência líquida é negativo (-0,05%), apontando a classe como a de maior fragilidade e susceptibilidade a mudança, o que pode ser um indicador na falha de políticas públicas na conservação das florestas e políticas de proteção (Sousa-Filho, 2015, Jakovac et al., 2015; Morton, 2008). Uma vez que os sistemas não encontram fortes barreiras para o avanço, conforme discute Morton (2006) nas fronteiras agrícolas do Mato Grosso.

Grau & Aide, (2008), discutem considerar o consórcio entre a dinâmica de uso e a intensificação da Agricultura, decorrente da demanda mundial por alimento, em especial da Ásia por Soja, como uma oportunidade para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos simultaneamente de forma de otimizar as eficiências dos plantios agrícolas e manter as áreas de florestas preservadas. A análise feita evidencia que a agricultura tem sido uma das forças causadoras da perda de biodiversidade da Amazônia em conjunto com as atividades agropecuárias primeiramente, daí a importância de políticas mitigadoras, o que contraria os estudos de Morton et al., (2006) e substancia estudos de Matinelle, (2010).

Uma vez constatado os altos valores de persistência e ganho da classe, é importante que se desenvolva metodologias de produção sustentáveis e que impeçam que a mecanização entre em áreas de florestas, é interessante que a classe cresça em áreas de pastagem abandonadas e que haja aumento de produção sem a necessidade de aumento de áreas.

Nesse sentido, os sistemas de Produção usados inicialmente na Amazônia, especialmente pela política de ocupação do governo eram altamente nocivos ao solo e aos ecossistemas em geral, uma vez que a compactação era iminente ao cultivo e a degradação agrícola e ecológica do solo era irreversível, pois não havia precedentes para abertura de novas áreas de produção. (Salimom, 2003; ASB, 2002; Schubart et al., 1984; Brinkmann, 1989), no entanto, mais recentemente sistemas de produção sustentáveis tem se mostrado como potenciais consorciadores entre o desenvolvimento sustentável e a preservação de ecossistemas, uma vez que o sistema de plantio direto vem como alternativa para mitigação dos impactos causados pelas atividades agrícolas e diminuem as pressões sobre áreas de floresta. (Luizão, 2009; Fujisaka e White, 1998).

É importante corroborar que nossos dados evidenciam que áreas que pasto tem sido fortemente convertidas em áreas agrícolas produtivas, processo que nos deixa um pouco menos preocupados, pois a classe avança prioritariamente sobre outro uso e não sobre áreas de floresta, porém a agricultura pode ser considerada uma força secundária de desflorestamento, uma vez que as áreas que são ocupadas pelos pastos decorrente do desmatamento, são posteriormente cedidas á áreas de agricultura. (Coelho, 2009, Barrona, 2010)

## **5.2 Sistema de Produção: Pecuária**

Estimasse que mais de 50% das áreas destinadas a criação comercial bovina na Amazônia, são desenvolvidas sob solos altamente degradados e que ocorreram pela própria natureza da atividade (Serrão & Toledo, 1990; Dias-Filho, 2003). Atividades antrópicas são as principais causas de mudanças nos ecossistemas (Vitousek, 1994), somar esforços no sentido que sistematizar profundamente essas mudanças pode servir como suporte de tomada de decisão e mitigação desses impactos.

Segundo dados do INPE, 2012, a Amazônia destina 395.934.61 km<sup>2</sup> de área para atividades agropecuárias, o equivalente a área territorial do Japão ao da Noruega, por exemplo, isso representa 9,43% de todo o Bioma Amazônia usado na criação de gado. Segundo dados do IBGE, 2014 o estado do Mato Grosso é o maior produtor bovino do País, com cerca de 28,5 milhões de cabeça de gado, o estado do Pará, não muito atrás, ocupa a 5<sup>o</sup> posição no ranking com 19,9 milhões de animais.

Em termos de área cedida à atividade, o estado do Pará abriga 31,58% das áreas de pasto da Amazônia, o Mato Grosso, no entanto, apesar de possuir um rebanho maior que o fronteiro estado, possui área menor destinada a criação do bonivo, 30,77% das passagens Amazônicas, esse contraste pode estar relacionado com os sistemas de produção utilizados. (Embrapa, 2012; IBGE, 2014).

De acordo com Westhoek H, et al., (2011), cerca de 12% das emissões de gases de efeito estufa são provenientes das atividades agropecuárias. Havlík et al, (2014) estudou a mudança do paradigma sobre os sistemas de produção agropecuários que existem e como a transição para novos sistemas podem diminuir as emissões de gases e reduzir os impactos sobre as florestas, como uma redução de cerca de 21%.

O centro de endemismo Tapajós compreende 16,75% de áreas pastoris do Bioma, essa proporção de área é bastante inferior as áreas agricultáveis que se encontram dentro do centro endêmico que apresentam 47,34%. Apesar das áreas de Pasto serem 3,3 vezes maiores que as áreas agrícolas dentro do centro de endemismo, se mostram menores em termos proporcionais porque estão melhores distribuídas dentro do bioma, com os estados de Rondônia e Tocantins possuindo efetivos bovinos elevados com 12,7 e 8 milhões de cabeças respectivamente. (IBGE, 2014).

Muitos trabalhos vêm sendo realizados na Amazônia com relação a expansão da agropecuária na Amazônia e seus possíveis abalos aos ecossistemas, (Lambin et al 2003; Fearnside, 2007; Rudel, 2005), no entanto apesar dos esforços da comunidade científica, pouco se sabe sobre os impactos que essas atividades podem causar, bem como discriminar as pressões externas que levam ao aceleração dessas atividades. (Foley et al., 2007; Fearnside, 2005; Morton et al., 2006).

As análises apontam que a classe de Pastagem foi a que mais recebeu área da classe floresta, 1,63%, equivalente a 10.709 km<sup>2</sup> dentro do centro de endemismo, evidenciando que dentro do centro endêmico o padrão de desflorestamento é o mesmo de toda a Amazônia, em que áreas de floresta nativas tem sido convertidas em grande parte em áreas de pastagem (Barrona et al., 2010; Fearnside, 2005; Brown et al., 2005). Por outro lado, a classe de Agricultura recebe grande parte de área, como já discutido anteriormente, da classe de Pastagem, 0,9% (5.885 km<sup>2</sup>) por isso é importante discutirmos os ganhos e perda líquidas, bem com persistência e realocação das classes, dessa forma tem-se melhor visualização das transições (Pontius, 2004; Bhaimoh, 2006).

A classe de pastagem obteve um ganho total de 3,51%, porém perda significativa de 2,51%, fazendo com que a classe atingisse o valor absoluto de mudança mais elevado dentre as classes analisadas, 6,02%, ou seja, foi a classe que mais sofreu alterações na paisagem, estes dados são coerentes a estudos similares realizado por Lisboa (2015) na Flona Tapajós e entorno. No entanto, em termos de ganhos líquidos a classe foi que o obteve o menor valor, 1%.

Ao analisarmos os dados de permuta da classe, podemos entender porque a classe possui um valor de mudança tão elevado e ganho tão baixo, o valor de realocação da classe é o maior encontrado, 5,02%, significa dizer que a classe possui elevada tendência a sofrer processos de migração e realocação de lugares, especialmente

falando. Ou seja, a classe apresenta alta tendência a ocupar novas áreas em lugares diferentes, porém não existe ganho de área onde ela se estabelece, trata-se de processos migratórios da classe.

Esses dados são importantíssimos, uma vez que estamos diante de uma classe com alto potencial para encontrar novas áreas, ao analisarmos a tabela X, verificamos que a classes que mais cede área para as criação dos animais é a Floresta, seguido pela classe de vegetação Secundária, conclui-se que áreas de coberturas arbóreas são preferencias para abertura de pastagem na área de endemismo. Desse modo, fazendo com que mais CO<sub>2</sub> seja lançado na atmosfera decorrente da atividade extensiva. (Amankutty et al., 2006;IPCC, 2007).

Os valores de *Gp* e *Lp* baixos demonstram que a classe possui susceptibilidade a perda área para outras classes, o valor de 0,15% de *Np* denota alto grau de vulnerabilidade a transição para outas classes, evidenciando que classe não possui caráter de consolidação das áreas, mostrando a fragilidade da classe em detrimento das outras que possuem ganho líquido positivo. Esses resultados são consistentes com outros estudos realizados na Amazônia na região do arco do desflorestamento. (Lambin et al., 2003; Fearnside, 2007; Rudel, 2005; Barrona, 2010; Nepstad et al., 2006; Oliveira et al., 2008; Asner et al., 2005).

Encontrar formas de produção sustentáveis na Amazônia torna-se então, fundamental para freiar o avanço ainda maior sobre o agronegócio em áreas arbóreas, pois a classe não apresenta alto grau de resistência a mudança. Diferentemente da agricultura que apresenta elevados valores de *Np* e ganho, uma vez que a produção agropecuária está relacionada com demandas internacionais sobre essas commodities que oscilam constantemente (Morton et al., 2006; Fearnside, 2005). Sistemas de produção integrados e políticas governamentais podem servir como mitigadores de alterações na paisagem. (Cohn, 2014; Luizão, 2009; Havlík et al., 2014; Bowman, 2012; Lambin et al., 2003).

### **5.3 Coberturas Arbóreas: Vegetação Secundária e Floresta**

No ano de 2005, a área de endemismo apresentava 9,32% de vegetação secundária, em 2012 esse número mais do que dobrou, passando para 19,87%, havendo um incremento mais do que acelerado, seguindo um padrão exponencial de

desmatamento. ("Acelerar" significa ir cada vez mais rápido; "exponencialmente acelerado" significa acelerado como uma reação nuclear em cadeia, duas vezes mais rápida, depois quatro, oito, 16, 32 vezes mais rápida após o mesmo intervalo de tempo.).

A maior parcela de contribuição para o aumento da Vegetação secundária de 3,8% para 5,19%, proveio da classe de pastagem que perdeu 1,27% de sua área para a classe arbórea totalizando um ganho líquido de 2,11% na área de endemismo sendo o maior ganho experimentado. Esses números são expressivos, uma vez que conclui-se que as áreas que antes eram de pastagem, estão em sua maioria sendo convertidas em áreas de Regeneração Natural.

Contrariamente, a Vegetação Secundária apresenta realocação proporcional ao ganho e a persistência, 2,2%, 2,11% e 1,97%, respectivamente, corroborando estudos similares realizados da Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno por Lisboa (2015) e indicam a preservação desses sítios ecológicos sucessionais na região, mostrando que esse tipo vegetacional tem encontrado fatores favoráveis ao seu estabelecimento e expansão para outras áreas já alteradas, podendo ser fruto das políticas governamentais de recuperação de áreas degradadas na Amazônia. (Massoca et al., 2012; Wandelli & Fearside, 2015; Poorter, 2016). Dai a importância das terras protegidas e das unidades de conservação para conter o avanço dos sistemas de produção e mitigação dos impactos causados. (Grau, 2008; Scheiner, 2000).

Estudos realizado por Fearnside and Guimarães (1996) na região de Altamira-PA, mostraram que áreas de Vegetação Secundária que antes tinham uso histórico de pastoreio, acumulavam menos biomassa do que áreas que eram destinadas a agricultura. Estudos da mesma natureza evidenciam que Vegetações Secundárias provenientes de Pastagens degradadas, possuem composição florística distintas, de áreas sem esse histórico. (Longworth et al., 2014; Mesquita et al., 2001). Outros estudos apontam que quanto mais intensivo for o pastoreio e maior o histórico de uso da terra, mais graves são as consequências e maior o tempo que as vegetações levarão para se reestabelecer depois do abandono da área. (Uhl et al., 1988; Moreira, 2003).

Esses informações levantam questões pertinentes para o trabalho, pois Vegetações Provenientes de áreas de pastagem possuem menor grau de resiliência e capacidade de regeneração, que é exatamente o que ocorre na área de estudo. Outros trabalhos considerando a idade o tempo que as pastagens levam para se converter em

áreas de Vegetação secundária e quanto é o aporte de biomassa dessas áreas, bem como depois de quanto tempo essas áreas se reestabelecem são importantes para o desenvolvimento sustentável da Amazônia, uma vez que o pasto produz impacto maior que a agricultura para a regeneração natural. (Wandelli and Feamside, 2015; Fearnside and Guimarães, 1996; Lucas et al., 1996; Steininger, 2000).

A classe Vegetação Secundária experimentou um valor de mudança absoluta de 4,33%, sendo esses valores segundo maiores dentre as classes, atrás apenas da classe Pastagem. Esses valores correspondem quanto a classe sofre processos de alteração da paisagem, seja com ganho ou perda. Trata-se por tanto, de uma classe que tem sofrido intensos processos de permanente transição na região.

A classe também apresentou elevados valores de ganho líquido, 2,11%, no entanto, os valores experimentados de swap (realocação) chamam a atenção, uma vez que 2,22% de realocação foi experimentada pela classe. Significa dizer que ao passo que classe tem grande ganho de área, também existe grande porção realocada para outros sítios, sendo a classe de pastagem a maior receptora dessas áreas.

Áreas de vegetação secundária são convertidas em pastagem e por sua vez essas áreas de pastagem são convertidas em vegetação secundária que em sua maioria provem de áreas de floresta, 1,63%. Esse ciclo é bastante comum em outros lugares da Amazônia, chamado comente de pousio, ou tempo de repouso dos solos. (Brown & Lugo, 1990; Perz & Skole, 2003)

As análises de susceptibilidade e fragilidade da classe evidenciaram se tratar de uma classe com elevados valores de persistência líquida, sendo o maior valor dentre os estudados, 1,38% de Np, um Gp de 1,63 e uma persistência de 1,97%, apontando a classe como indicadora de padrões permanentes na área. Essa análise é importante, no sentido de discriminar o grau de tendência da classe a persistir.

Embora apresentando altos valores de *swap*, os valores apontam que grande parte da vegetação secundária não é convertida em outros usos, restando boa parcela de remanescente nas áreas que continuam se desenvolvendo podendo chegar a estabelecer um vegetação secundária com estágios avançados de regeneração, desempenhando um papel importante dessa forma com o aporte de biomassa, recuperação do solo e

melhorando a dinâmica solo-planta-atmosfera.(Moran and Mausel, 2002; Buschbacher et al., 1988; Mesquita et al., 2001; Uhl, 1987; Uhl et al., 1988)

As floresta da área de endemismo que apresentaram perdas na ordem de 3,54%, tem sua maior parcela de perda para as áreas de pastagem, 1,63%, e como se trata de uma classe sem possibilidades de reposição a curto e médio prazo, não existe ganho de áreas. Porém, vegetação secundária se apresenta como receptora de uma boa parte das áreas florestadas, 1,24%, esses valores podem ser reflexos de exploração predatória de madeira na região, uma vez que grandes áreas são devastadas na região, como aponta os dados do DEGRAD e em seguidas abandonadas, o que possibilita da sucessão florestal logo em seguida, devido as remanescentes e aos bancos de sementes do solo. (Janzenand Vásquez-Yanes, 1988; PEÇANHA JÚNIOR, 2009; QUANZ, 2012)

A classe apontou uma persistência líquida negativa, evidenciando a classe como a mais frágil e susceptível as permanentes transições de mudança, -0,05%. Esses dados são carentes de atenção, pois a classe que pastagem, vegetação secundária e agricultura têm ocasionado fortes pressões nesse ecossistema, fazendo com que centenas de hectares sejam perdidos anualmente na área de endemismo.

Essas perdas refletem em perdas irreparáveis para o ecossistema local e a integridade funcional, onde a extinção, e a biodiversidade de espécies endêmicas estão sendo ameaçadas, ocasionando perda de diversidade genética, emissões de gases de efeito estufa. Desequilíbrio nos ciclos hidrológicos também são iminentes.

## **6. Conclusões**

Áreas de Floresta tem sofrido perdas, sobre tudo para os sistemas de produção tradicional na Amazônia, Pecuária e Agricultura, necessariamente nesta ordem, constituindo-se na classe mais vulnerável a perda e mudança de uso e cobertura.

Medidas de comando e controle, bem como de monitoramento com TerraClass evidenciam efeitos positivos ao aumento da vegetação secundária.

A Agricultura mecanizada apresentou aumentos significativos em detrimento das áreas de pastagem, principalmente, comprovados pelos maiores valores de

integridade e menor suscetibilidade de ceder espaço ou mudar de local, evidenciando seu potencial positivo para a expansão e consolidação na região.

A pastagem extensiva configurou-se como um dos principais mecanismos de desmatamento na região, ocupando considerável parte do município e impulsionando a perda de integridade dos ecossistemas naturais com seus elevados valores de realocação, sendo também considerada uma classe vulnerável a processos de mudança.

## **7. Trabalhos publicados relacionados com o PIBIC**

**OLIVEIRA, A. H. M.; ADAMI, M.; LUCIETA. M.; VIEIRA, I. C.; PADRÃO E MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLO DE 2004 A 2012 NO CENTRO DE ENDEMISMO TAPAJÓS, PARÁ.. In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 2016, Belém. SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 2016.**

**OLIVEIRA, A. H. M.; ADAMI, M.; LUCIETA. M.; ANÁLISE DA VULNERABILIDADE E INTEGRIDADE DOS ECOSSISTEMAS E AGROECOSSISTEMAS COM AUXÍLIO DE SENSORIAMENTO REMOTO NO MUNICÍPIO DE BELTERRA-PA. In: Encontro Amazônico de Agrárias, 2016, Belém. Meio Ambiente. Belém: UFRA, 2016.**

## Bibliografia

Aguiar, A. P. D., Câmara, G., & Escada, M. I. S. (2007). Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: exploring intra-regional.

AHMED, S.E.; SOUZA Jr., C.M.; RIBEIRO, J.; EWERS, R.M. Temporal patterns of road network development in the Brazilian Amazon. *Regional Environmental Change*, Heidelberg, v. 13, n. 5, p. 927-937, 2013.

Almeida, O.T., 2006. Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation. *Conserv. Biol.* 20, 1595–1603. heterogeneity. *Ecological Modelling*, 209(2e4), 169e188.

Alves, D. S. (2002).Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia.*International Journal of Remote Sensing*, 23(14), 2903e2908.

Alves, D. S., Morton, D. C., Batistella, M., Roberts, D. A., & Souza, C., Jr. (2009). The changing rates and patterns of deforestation and land use in Brazilian Amazonia In Amazonia and global change. *Geophysical Monograph Series*, Vol. 186.

ASB (Alternatives to Slash-and-Burn), Alternatives to Slash-and-Burn in Brazil - Summary Report and Synthesis of Phase II, Edited by Lewis et al., 100pp., Nairobi, Kenya, 2002

Beatriz Quanz. Banco de sementes do solo de uma floresta de terra firme na fazenda Rio Capim, Paragominas, Pa, aos 13 meses após exploração de impacto reduzido. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012.

Becker, B.K., 2001. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários. *Parcerias estratégicas* 12, 135–159.

Braimoh, A.K.; Vlek P.L.G. Land-cover change trajectories in Northern Ghana. *Environ. Manage.* **2005**, 36, 356–373.

Brazilian Amazonia. *Forest Ecol. Manage.* 80, 35–46.

Brown J C, Koeppe M, Coles B and Price K P 2005 Soybean production and conversion of tropical forest in the Brazilian Amazon: the case of Vilhena, Rondônia *Ambio* 34 462–9

Brown, S., & Lugo, A.E. (1990).Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6(1), 1-32.

Buschbacher, R., Uhl, C., & Serrão, E.A.S. (1988). Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology*, 76(3), 682-699.

Cattarino, L.; McAlpine, C.A.; Rhodes, J.R. Land-use drivers of forest fragmentation vary with spatial scale. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **2014**, 23, 1215–1224.

COSTA, F.G. Avaliação do potencial de expansão da soja na amazônia legal: uma aplicação do modelo de Von Thünen. Tese (Doutorado em economia aplicada). ESALQ. Piracicaba, 2000.

DeFries, R., Rudel, T.K., Uriarte, M., Hansen, M., 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nat. Geosci.* 3, 178–181.

Dias-Filho, M.B., *Degradação de Pastagens: Processos, Causas e Estratégias de Recuperação*, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2003.

ESCADA, M. I. S. *Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-norte de Rondônia*. 2003.264 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) -Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

Fearnside, P. M. 2001; Status of South American natural ecosystems *Encyclopedia of Biodiversity* ed S A Levin (San Diego, CA: Academic Press) pp 345–59

Fearnside P. M. 2005; Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences *Conserv. Biol.* 19 680–8

Fearnside P M 2007 Deforestation in Amazonia *Encyclopedia of Earth* ed C J Cleveland (Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council of Science and the Environment), available at [www.eoearth.org/article/Deforestation in Amazonia](http://www.eoearth.org/article/Deforestation%20in%20Amazonia)

Fearnside, P. M. 2008. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society*13(1): 23. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/>.

Fearnside, P.M., Guimarães, W.M., 1996. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 80(1-3): 35-46.

Foley J A *et al* 2007 Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin *Front.Ecol. Environ.* 5 25–32

Fujisaka, S., and D. White (1998), Pasture or permanent crops after slash-and-burn cultivation? Land-use choice in three amazon colonies, *Agroflor. System*, 42, 45-59.

Garrett, R.D., Lambin, E.F., Naylor, R.S., 2013. Land institutions and supply chain configurations as determinants of soybean planted area and yields in Brazil.

Gibbs, H.K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D.C., Noojipady, P., Soares-Filho, B., Barreto, P., Micol, L., Walker, N.F., 2015. Brazil's Soy Moratorium. *Science* 347, 377–378.

Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980 and 1990. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 16732–16737.

Grau, H. R., & Aide, T. M. (2008). Globalization and land-use transitions in Latin America. *Ecology and Society*, 13(2). <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art16>.

Gutiérrez Angonese, J.; Grau, H.R. Assessment of swaps and persistence in land cover changes in a subtropical periurban region, NW Argentina. *Landsc. Urban Plan.* 2014, 127, 83–93.

Hansen, M.C., Stehman, S.V., Potapov, P.V., 2009. Quantification of global gross forest cover loss. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107, 8650–8655. Nepstad, D.C., Stickler, C.M.,

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2015. Available online: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> (accessed on 01 march 2015).

IPCC (2007) - Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lambin E F, Geist H J and Lepers E 2003 Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28 205–41

Lambin, E.F., Gibbs, H.K., Ferreira, L., Grau, R., Mayaux, P., Meyfroidt, P., Morton, D.C., Rudel, T.K., Gasparri, I., Munger, J., 2013. Estimating the world's potentially available cropland using a bottom-up approach. *Global Environ. Change* 23, 892–901.

Lambin, E.F., Meyfroidt, P., 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108, 3465–3472. *Land Use Policy* 31, 385–396.

Lapola, D.M., Martinelli, L.A., Peres, C.A., Ometto, J.P., Ferreira, M.E., Nobre, C.A., Aguiar, A.P.D., Bustamante, M.M.C., Cardoso, M.F., Costa, M.H., Joly, C.A., Leite, C., Moutinho, P., Sampaio, G., Strassburg, B.B.N., Vieira, I.C.G., 2013. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nat. Clim. Change* 4, 27–35.

Longworth, J.B., Mesquita, R.C., Bentos, T.V., Moreira, M.P., Massoca, P.E., Williamson, G.B., 2014. Shifts in dominance and species assemblages over two decades in alternative successions in Central Amazonia. *Biotropica* 46, 529–537. <http://dx.doi.org/10.1111/btp.12143>.

Lucas, R.M., Curran, P.J., Honzak, M., Foody, G.M., Amaral, I., Amaral, S., 1996. Disturbance and recovery of tropical forests: balancing the carbon account. In: Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.M., Victoria, R.L. (Eds.), *Amazonian Deforestation and Climate*. John Wiley and Sons, Chichester, UK, pp. 383–398.

Luizão, F.J., P.M. Fearnside, C.E.P. Cerri & J. Lehmann. 2009. The maintenance of soil fertility in Amazonian managed systems. pp. 311-336. In: M. Keller.

M. Bustamante, J. Gash & P. da Silva Dias. (eds.). *Amazonia and Global Change*. Geophysical Monograph Series, Volume 186, American Geophysical Union (AGU), Washington, DC, U.S.A., 565 pp. Doi: 10.1029/2008GM000742.

MARGULLIS, S. Causas do desmatamento na Amazônia Brasileira. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100 p.

- Mesquita, R.C.G., Ganade, G., Ickes, K., Williamson, B., 2001. Alternative successional pathways in the Amazon Basin. *J. Ecol.* 89, 1–10.
- Mesquita, R.C.G., Ickes, K., Ganade, G., & Williamson, G.B. (2001). Alternative successional pathways in the Amazon Basin. *Journal of Ecology*, 89, 528-537.
- Moreira, M.P., 2003. Uso de Sensoriamento Remoto para Avaliar a Dinâmica de Sucessão Secundária na Amazônia Central. Masters dissertation in tropical forest science, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia & Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brazil. p. 103.
- Nepstad, D., Carvalho, G., Cristina Barros, A., Alencar, A., Paulo Capobianco, J., Bishop, J., Moutinho, P., Lefebvre, P., Lopes Silva Jr, U., and Prins, E.: Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests, *Forest Ecol. Manag.*, 154, 395– 407, doi:10.1016/S0378-1127(01)00511-4, 2001.
- PEÇANHA JÚNIOR, F.B. ; Miranda, Izildinha Souza ; Almeida, Samuel Soares ; SILVA, A. S. L. . Diversidade arbórea e do banco de sementes em uma floresta primária da Amazônia Oriental. In: Pedro L.B. Lisboa. (Org.). Caxianã: Desafios para a Conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia. 1ed.Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2009, v. 1, p. 281-297.
- Perz, S.G., & Skole, D.L. (2003). Social determinants of secondary forests in the Brazilian Amazon. *Social Science Research*, 32, 25-60.
- Pontius, R.G.; Shusas, E.; McEachern, M. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2004**, 101, 251–268.
- ROCHA, M.G et.al. Diagnóstico relativo à área de ocupação na floresta nacional do tapajós. ZEE BR-163, 2007.p.4.
- Rudel T K 2005 *Tropical Forests—Regional Paths of Destruction and Regeneration in the Late Twentieth Century* (New York: Columbia University Press) p 237.
- Rudel, T.K., Defries, R., Asner, G.P., Laurance, W.F., 2009. Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. *Conserv. Biol.* 23, 1396–1405.
- Sá, J.C. de M.; Cerri C.C.; Piccolo M.C.; Feigl, B.E.; Buckner, J.; Fornari, A.; Sá, M.F.M.; Seguy, L.; Bouzinac S.; Venzke-Filho, S.P.; Paulteti, V. & Neto, M.S. 2004. O Plantio Direto como base do sistema de produção visando o sequestro de carbono. *Revista Plantio Direto* No. 84: 45–61.
- SALIMON, C. I. Respiração do solo sob florestas e pastagens na Amazônia Sul-Occidental, Acre. 2003. 97 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Pauli, Piracicaba, SP.
- SCHEINER, R.R., ARIMA, E., VERÍSSIMO, A., BARRETO, P., SOUZA JR, C. Amazônia Sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural. Série Parcerias. Banco Mundial e Imazon, 2000.
- Séguy, L.; Bouzinac, S.; Maronezzi, A.C.; Taffarel, W. & Taffarel, J. 1998. O Plantio Direto de arroz de sequeiro de alta tecnologia na zona tropical úmida do Centro-Norte.

- Serrão, E.A.S. and J.M. Toledo, The search for sustainability in Amazonian pastures. *Alternatives to deforestation: steps towards sustainable utilization of Amazon forests*, edited by Anderson, A.B., pp. 195-214, Columbia University Press, New York, USA, 1990.
- SILVA, J.M.C. 2005. Áreas de endemismo da Amazônia. *Ciência & Ambiente* 31, 25–38.
- SILVA, J.M.C., RYLANDS, A.B. & DA FONSECA, G.A.B. 2005. The fate of the Amazonian areas of endemism. *Conservation Biology* 19, 689–694.
- Steininger, M.K., 2000. Secondary forest structure and biomass following short and extended land-use in central and southern Amazonia. *J. Trop. Ecol.* 16, 689–708.
- Uhl, C., Buschbacher, R., & Serrão, E.A.S. (1988). Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology*, 76(3), 663–681.
- Uhl, C., Buschbacher, R., Serrão, E.A.S., 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *J. Ecol.* 76, 663–681.
- Uhl, C. (1987). Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology*, 75(2), 377–407.
- Vitousek P.M. (1994) - *Beyond global warming: ecology & global change*. *Ecology*, 75: 1861–1876. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/1941591>.
- Westhoek H, et al. (2011) The Protein Puzzle (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague).
- Zak, M.R.; Cabido, M.; Caceres, D.; Diaz, S. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. *Environ. Manage.* **2008**, 42, 181–189.