



Mapeamento Automatizado de Tipologias de Paisagem: Mineração de Dados Utilizando o *Plugin GeoDMA*

Mapping of Landscape Typologies: Metric Mining Using Plugin GeoDMA

Rodrigo Rafael Souza de Oliveira ¹
Adriano Venturieri ²

Recebido em agosto de 2017.

Aprovado em novembro de 2017.

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar o mapeamento automatizado de Tipologias de Paisagem – TP, através de mineração de dados e métricas de Ecologia de Paisagem, utilizando os dados do projeto TerraClass Amazônia para os anos de 2008 e 2010. Assim, constitui uma proposta inovadora de automatização do processo de identificação e delimitação de TP. Posto que, utiliza a composição de uso e cobertura da terra como uma das variáveis de entrada para o sistema de modelagem, ou seja, dados qualitativos do desmatamento. Como recorte de análise foram selecionadas as Regiões de Integração do Araguaia e Tapajós. A combinação de técnicas de estatística envolvendo dados e análises espaciais e não-espaciais, proporcionam aos usuários mecanismos importantes para garimpar padrões e relações em seus dados. Neste sentido, a Mineração de Dados foi proposta, se constituindo atualmente como uma das tecnologias mais promissoras na identificação e análise de dados. De acordo com as análises realizadas, foram identificadas sete tipologias de paisagem. A RI do Tapajós apresentou mais áreas classificadas como “Paisagens Florestais”, tanto para o ano de 2008 quanto para o ano de 2010. Já a RI do Araguaia, ao contrário do que foi verificado para a RI do Tapajós, apresenta maior predomínio de Tipologias de Paisagem consolidadas, mais especificamente a TP com Pecuária Consolidada. Portanto, o processo de mapeamento automatizado de Tipologias de Paisagem utilizando o *Plugin GeoDMA* do *Terra View* demonstrou-se eficaz e preciso, visto que os resultados alcançados apresentam coerência com a realidade de cada Região de Integração.

PALAVRAS-CHAVE: Mineração de Dados. Ecologia de Paisagem. GeoDMA. Mudança de Uso da Terra. Amazônia.

¹Professor da Universidade do Estado do Pará – UEPA, Departamento de Filosofia e Ciências Sociais Brasil. E-mail: rodrigo.rafaelso@hotmail.com

²Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Amazônia Oriental, Brasil. E-mail: adriano.venturieri@embrapa.br

ABSTRACT

This paper aims to present the automated mapping of Landscape Typologies - TP, through data mining and Landscape Ecology metrics, using data from the TerraClass Amazônia project for the years 2008 and 2010. Thus, it constitutes an innovative proposal of automation of the process of identification and delimitation of TP. Therefore, it uses the composition of land use and land cover as one of the input variables for the modeling system, that is, qualitative data on deforestation. As analysis cut, the Integration Regions of Araguaia and Tapajós were selected. The combination of statistical techniques involving data and spatial and non-spatial analysis provides users with important mechanisms for collecting patterns and relationships in their data. In this sense, Data Mining was proposed, constituting one of the most promising technologies in data identification and analysis. According to the analysis, seven types of landscape were identified. The Tapajós IR presented more areas classified as "Forest Landscapes", both for the year 2008 and for the year 2010. The RI of the Araguaia, in contrast to the one that was verified for the Tapajós RI, presents a greater predominance of Typologies of Consolidated Landscape, more specifically TP with Consolidated Livestock. Therefore, the process of automated mapping of Landscape Typologies using the Terra View GeoDMA Plugin has proven to be effective and accurate, since the results achieved are consistent with the reality of each Integration Region.

KEYWORDS: Data Mining. Landscape Ecology. GeoDMA. Change of Land Use. Amazon.

* * *

Introdução

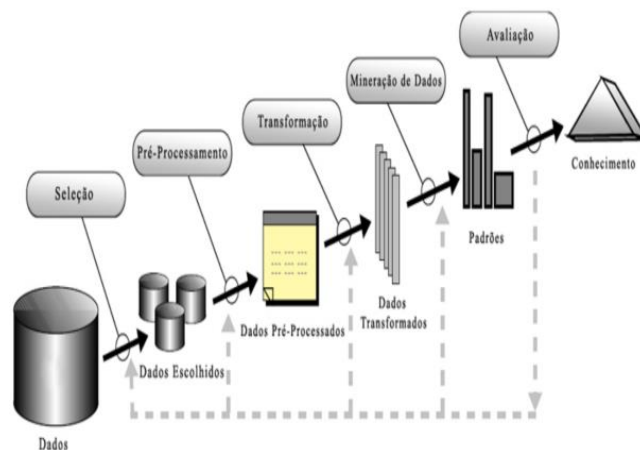
A significativa evolução computacional durante as últimas décadas e a disseminação das geotecnologias têm dado subsídio a implementação de Banco de Dados Geográficos cada vez mais robustos, com isso o volume na geração de dados (espaciais e não-espaciais) é cada vez maior, bem como os meios de consulta a eles. No entanto, torna-se uma necessidade buscar meios e técnicas eficazes de análise desses dados armazenados. Ressalta-se que, as técnicas tradicionais de exploração de dados não são mais adequadas para tratar a grande maioria dos repositórios.

Para tanto, no final da década de 80, a Mineração de Dados (*Data Mining*, em inglês) foi proposta, se constituindo atualmente como uma das tecnologias mais promissoras na identificação e análise de dados, transformando-os em informações (conhecimento). Segundo Fayyad (1997),

no modelo tradicional para transformação dos dados em informação, consiste em um processamento manual de todas essas informações por especialistas. E, devido ao grande volume de dados, esse processo manual se torna inviável.

Atualmente, são vastas as referências que definem e padronizam as fases da Mineração de Dados ou KDD (*Knowledge Discovery in Databases* ou Descoberta de Conhecimento nas Bases de Dados), no entanto, todos apresentam basicamente a mesma estrutura (HAND et al., 2017; LAROSE, 2005), tal como pode ser exemplificado na Figura 1. Ressalta-se que, há discordância entre os autores se Mineração de Dados e KDD podem ser considerados sinônimos ou se a Mineração de Dados é apenas uma das etapas do processo de KDD.

Figura 1 – Representação dos processos e fases da mineração de dados.



Fonte: FAYYAD *et al.*, 1996.

De acordo com Goldschmidt (2004), existem diferentes métodos de Mineração de Dados (*Data mining*), entre eles destacam-se: métodos baseados em redes neurais, métodos baseados em algoritmos genéticos, métodos baseados em instâncias, métodos estatísticos, métodos específicos, métodos baseados em indução de árvores de decisão (Figura 2) e métodos baseados em lógica nebulosa.

Figura 2 – Modelo de árvore de decisão.



Fonte: CARVALHO et al., 2011.

A mineração de dados geográficos envolve a aplicação de ferramentas computacionais para revelar padrões interessantes em objetos e eventos distribuídos no espaço geográfico e ao longo do tempo. Estes padrões podem envolver as propriedades espaciais de objetos individuais e eventos (como, por exemplo, a forma, a extensão, etc) e as relações espaço-temporais entre os objetos e eventos, além dos atributos não-espaciais de interesse na mineração de dados tradicional (MILLER & HAN, 2009).

Existe uma diversidade de softwares disponíveis e algoritmos voltados à mineração de dados. Todavia, nesta pesquisa, optou-se pelo *plugin GeoDMA* (INPE, 2012) do *software* livre *TerraView* (INPE, 2016) e pelo algoritmo C4.5 (QUINLAN, 1993) que faz uso da técnica de mineração de dados pela indução de árvores de decisão. Segundo Vieira (2010), o C4.5 possui uma série de parâmetros a saber: 1) fator de confiança; 2) número mínimo de instâncias por nó-folha; 3) número de ramificações; 4) poda ou não-poda, que podem ser configurados. Evidencia-se que os ajustes nestes parâmetros podem auxiliar na melhoria do resultado final de uma classificação (CARVALHO, 2011).

Como uma das tarefas mais comuns relacionadas à Mineração de Dados, a classificação tem como objetivo identificar a qual classe determinado atributo, ou conjunto de atributos, pertence. Para tanto, o modelo em questão analisa o conjunto de dados fornecidos, com cada agrupamento já contendo a indicação à qual classe pertence, a fim de treinar como classificar um novo registro (aprendizado supervisionado). No aprendizado supervisionado, os

métodos são providos com um conjunto de dados que possuem uma variável alvo pré-definida e os registros são categorizados em relação a ela. Uma das tarefas mais comuns de aprendizado supervisionado é a classificação (MCCUE, 2007).

Com relação à Árvore de Decisão (*Decision Trees*), Goldschmidt (2007), indica que se trata de um modelo de conhecimento, em que cada nó interno da árvore representa uma decisão sobre um atributo que determina como os dados estão particionados pelos seus nós. E que, há duas operações principais no processo de construção da árvore de decisão: a) avaliação dos pontos de separação de cada nó interno da árvore de decisão; e b) criação das partições usando o melhor ponto de separação de cada nó. Uma vez determinado o ponto de separação de cada nó, as partições podem ser criadas pela simples aplicação do critério de separação identificado.

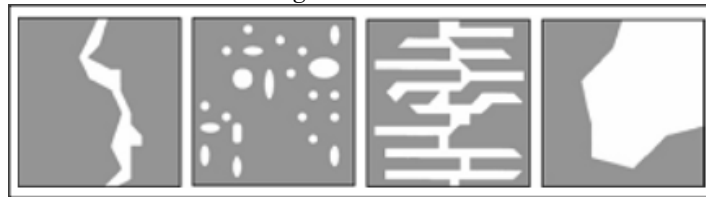
Portanto, pode-se afirmar que o algoritmo C4.5 analisa todos os atributos previsores candidatos, seleciona o que maximiza a taxa de ganho para rotular o nó atual da árvore, e repete o processo de forma recursiva para dar continuidade à construção da árvore de decisão, até que todos os atributos do conjunto de treinamento sejam classificados (CARVALHO, 2011).

O *GeoDMA* é um software livre, sendo desenvolvido em C++ e, *Quad Tree* (QT) para a construção da interface com o usuário. Utiliza biblioteca TerraLib visando as operações geográficas e de processamento de imagens. O *GeoDMA* é um sistema de análise de imagem que integra ferramentas de: análise de imagem, métricas com base na teoria da Ecologia de Paisagem, tratamento de características multitemporais, e as técnicas de mineração de dados (KORTING et al., 2008), tal como demonstrado na fig. 4. O sistema baseia-se na metodologia proposta por Silva et al. (2005) , para identificar padrões de desmatamento na Amazônia. É uma solução de software livre para aplicações de sensoriamento remoto, rodando em diferentes plataformas, por exemplo, *Windows* e *Linux* (KÖRTING, TS et al., 2013).

O método de mineração proposto por Silva et al. (2005) foi desenvolvido para uma aplicação específica de identificação de padrões

de desmatamento (Figura 3). Para o desenvolvimento da metodologia, os seguintes passos foram implementados: a) definição de uma tipologia de padrões, de acordo com a aplicação desejada; b) construção de um conjunto de referência com padrões espaciais; c) mineração do banco de dados por meio de um classificador estrutural.

Figura 3 – Da esquerda para a direita: corredor, difuso, espinha de peixe e geométrico.

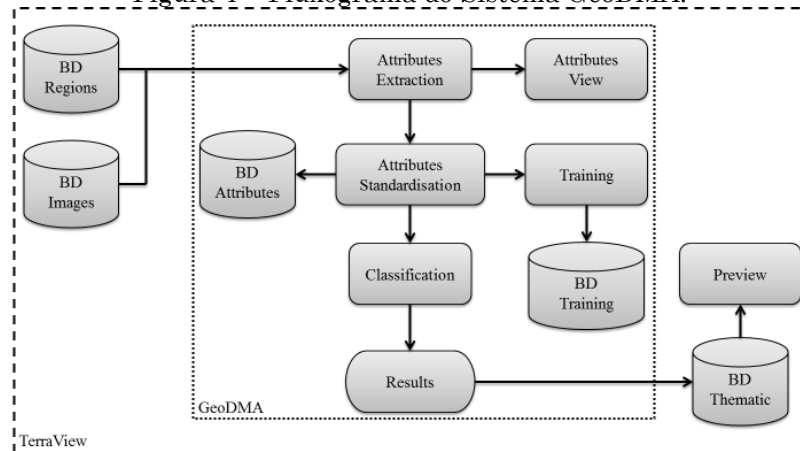


Fonte: LAMBIN; GEIST; LEPERS, 2003.

Assim, características são extraídas. Os atributos espaciais incluem área, perímetro, dimensão fractal, grau de retangularidade e ângulo principal, que são calculados e armazenados nas tabelas de referência do sistema *TerraView*; Visualização dos atributos: dado o conjunto de atributos, o usuário possui uma ferramenta muito importante para realizar a análise exploratória, através da visualização do espaço de atributos. Dois atributos são selecionados e um gráfico de dispersão mostra a separabilidade dos dados.

A Figura 4 mostra um exemplo com os atributos “relação perímetro-área” e “média dos pixels na banda 1”; Normalização de atributos: o estágio de normalização é fundamental para a análise exploratória, visto que os dados possuem diferentes escalas, e que podem mascarar determinados atributos, e destacar outros, quando na verdade todos deveriam possuir o mesmo grau de importância no início do processo de mineração de dados; Classificação: dois algoritmos para classificação estão disponíveis na versão atual: o algoritmo supervisionado de árvore de decisão versão C4.5 (QUINLAN, 1993), e o algoritmo não-supervisionado de Mapas Auto-Organizáveis (SOM); Visualização: a interface do *TerraView* proporciona a visualização dos dados em uma estrutura onde a saída é dividida em diferentes classes, ou temas, de acordo com os resultados da classificação.

Figura 4 – Fluxograma do Sistema GeoDMA.



Fonte: elaborada pelo autor.

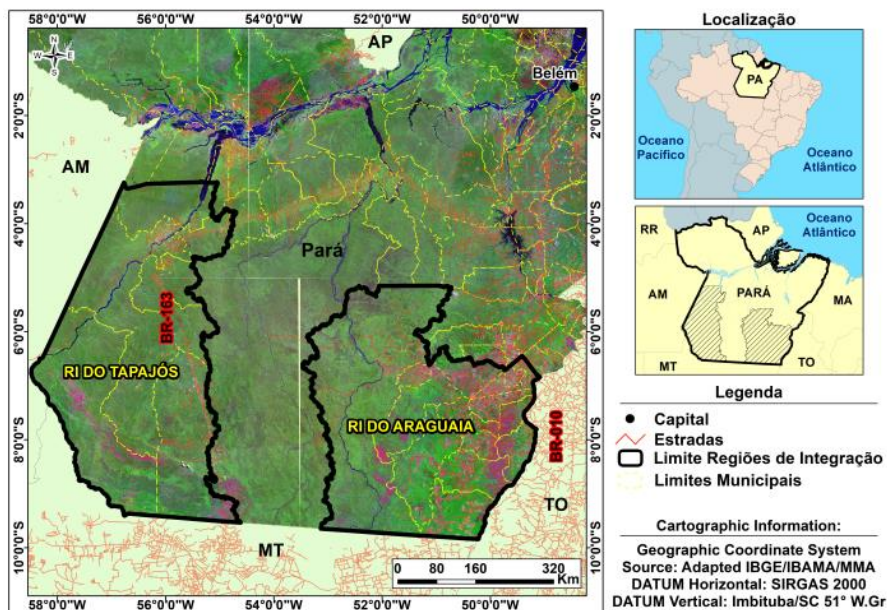
Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar o mapeamento automatizado de tipologias de paisagem através de mineração de dados e métricas de Ecologia de Paisagem, utilizando os dados de uso e cobertura da terra do projeto TerraClass Amazônia, para os anos de 2008 e 2010. Diferenciando-se dos demais trabalhos, que tratam de mapeamento de tipologias de paisagem, por apresentar uma proposta de automatização do processo de identificação e delimitação destas. Posto que, utiliza a composição de uso e cobertura da terra como uma das variáveis de entrada para o sistema, visto que os trabalhos encontrados só utilizam métricas de forma, tamanho, área e o padrão das feições para delimitar as TP.

2 Área de Estudo

A pesquisa tem como foco de análise as Regiões de Integração do Tapajós e Araguaia no Estado do Pará (Figura 5). Estas áreas foram escolhidas por estarem sob influências de dois eixos rodoviários que desde suas implantações têm grande destaque no contexto do histórico de ocupação da Amazônia Legal, por se constituírem como significativos eixos de integração da região com o restante do país e relevante papel na alteração da dinâmica de uso e cobertura do solo na Amazônia. Sendo que, cada uma dessas rodovias apresenta dinâmica e arranjos socioeconômicos distintos,

cada uma com suas peculiaridades, isto que é resultado da função que a mesma exerce para as áreas de influencia, bem como os tipos de fluxos que as contemplam. O resultado disto são paisagens distintas com configurações de uso e cobertura do solo diferenciado, gerando um arranjo socioespacial peculiar para cada uma das mesmas.

Figura 5 – Mapa de localização das Regiões de Integração.



Fonte: elaborada pelo Autor.

A Região de Integração do Araguaia está localizada no Sudeste do Estado do Pará, engloba quinze municípios do Estado do Pará, sendo eles: Água Azul do Norte; Bannach; Conceição do Araguaia; Cumaru do Norte; Floresta do Araguaia; Ourilândia do Norte; Pau d’Arco; Redenção; Rio Maria; Santa Maria das Barreiras; Santana do Araguaia; São Félix do Xingu; Sapucaia; Tucumã e Xinguara (IDESP, 2013). Segundo os dados do IDESP (2013) Abrangendo uma área territorial de 174.140 Km² (IDESP, 2013), e uma população de 472.930 habitantes (IBGE, 2011), com densidade demográfica de 2,72 (Hab./Km²).

Já a Região de Integração do Tapajós está localizada no Sudoeste do Estado do Pará, engloba os municípios de Aveiro; Itaituba; Jacareacanga; Novo Progresso; Rurópolis e Trairão (IDESP, 2013). Abrange uma área

territorial de 189.610 Km², com uma população de 209.530 habitantes (IBGE, 2011), com densidade demográfica de 1,11 Hab./Km² (IDESP, 2013).

2.1 Elaboração do banco de dados no sistema de informações geográficas.

Para a realização dos processamentos foram utilizados os dados de Uso e Cobertura da Terra da Amazônia Legal elaborado no âmbito do projeto TerraClass 2008 e 2010 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Assim como as bases cartográficas contendo: limites municipais, sedes municipais, hidrografia, limites das Regiões de Integração, estradas, dentre outras disponíveis no banco de dados georreferenciados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A máscara de uso e cobertura da terra do projeto TerraClass (2008 e 2010) compreende 17 classes temáticas, como pode ser observado na tabela 1. Sendo que, a descrição de cada classe é especificada em INPE (2011), sendo elas:

Tabela 1 – Classes de uso e cobertura da terra do projeto TerraClass

COBERTURA	USO
FLORESTA	AGRICULTURA ANUAL
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	MOSAICO DE OCUPAÇÕES
NÃO FLORESTA	PASTO LIMPO
HIDROGRAFIA	PASTO SUJO
	REGENERAÇÃO COM PASTO
	PASTAGEM DEGRADADA
	MINERAÇÃO

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto, o banco de dados georreferenciados foi estruturado e organizado na plataforma do *software Terra View 4.0.0* por se constituir enquanto a versão mais estável que possui compatibilidade com o *plugin GeoDMA 2.1* que foi utilizado para a mineração dos dados.

Subsequentemente, foram realizados os recortes na máscara de uso e cobertura da terra dos anos de 2008 e 2010 tendo como base os limites políticos-administrativos das Regiões de Integração do Araguaia e Tapajós.

2.2 Análise de sensibilidade para escolha do tamanho do *box* de células

O objetivo desta análise foi definir um tamanho adequado de célula, ou seja, a extensão da área de uma unidade de análise/paisagem, para a construção da tipologia de padrões de ocupação a ser utilizada na fase de mineração e classificação dos padrões nas áreas de estudo. E, seguiu metodologia utilizada por Saito (2011).

Posteriormente, foram selecionadas as métricas de paisagem relativas a índice de mancha/área, índices de tamanho, índice de forma, índice de diversidade e composição: CA, Percent Land, PD, MPS, AWMSI, AWMPFD, ED, PSCOV e PSSD. A descrição delas seguem no tópico abaixo.

Em seguida, foi realizada uma análise de cada tamanho de célula e cada padrão de ocupação, o software GeoDMA foi utilizado para realizar a mineração dos dados e a classificação das células considerando as tipologias de paisagem definidas para a fase de testes; nesta etapa o simulador do software escolhe aleatoriamente as amostras de treinamento coletadas pelo usuário e as demais células são consideradas como de teste (SAITO, 2011), sendo gerada uma árvore de decisão e baseado em seu desempenho na classificação podem ser obtidos os valores de coeficiente *Kappa*, a partir de então pode ser selecionado o melhor tamanho de célula com base na conformação da grade de classificação com a camada de informação correspondente.

O tamanho de células que melhor se ajustou ao objetivo da pesquisa foi o de 196 km², que corresponde a ¼ do tamanho das células utilizadas no projeto PRODES (INPE, 2014) no mapeamento do desflorestamento da Amazônia Legal, que por sua vez, gera a base de mapeamento para o Projeto TerraClass, que é a fonte de dados da pesquisa deste trabalho.

2.3 Mineração de Dados

O processo de mineração, no contexto deste trabalho, inicia-se com a criação do espaço celular no aplicativo *Terra View*. A mineração, realizada no aplicativo *GeoDMA*, constituiu-se de três etapas: 1) extração de métricas de paisagem para cada conjunto de polígonos de desmatamento delimitado pela célula; 2) seleção de amostras de treinamento; 3) classificação das células, utilizando um algoritmo de árvore de decisão C4.5 onde são definidos os limiares das métricas que distinguem as classes (SAITO, 2011).

Durante a etapa de extração de atributos pode-se optar por normalizá-los, de forma que todos os atributos tenham o mesmo nível de importância no processo de mineração. As métricas são extraídas e armazenadas como novos atributos das células em tabelas não-espaciais.

Amostras de treinamento foram selecionadas no conjunto de dados dos anos analisados. Como resultado, obtém-se uma árvore de decisão com as métricas que melhor discriminaram os padrões, e são gerados mapas de padrões de ocupação para cada ano analisado. Esses mapas podem ser analisados separadamente e/ou podem ser combinados para gerar um mapa com as principais trajetórias de ocupação.

2.4 Extração das métricas

A escolha das métricas a serem utilizadas durante o processo de classificação será realizada com base na frequência das métricas apresentadas nas árvores de decisão durante o processo de testes preliminares realizados em laboratório. Portanto, foram realizados cinco testes em duas áreas diferentes, sendo apresentadas maiores frequências para as métricas de paisagem presentes na tabela 2.

Tabela 2: Descrição e características das métricas de paisagem do *plugin GeoDMA*

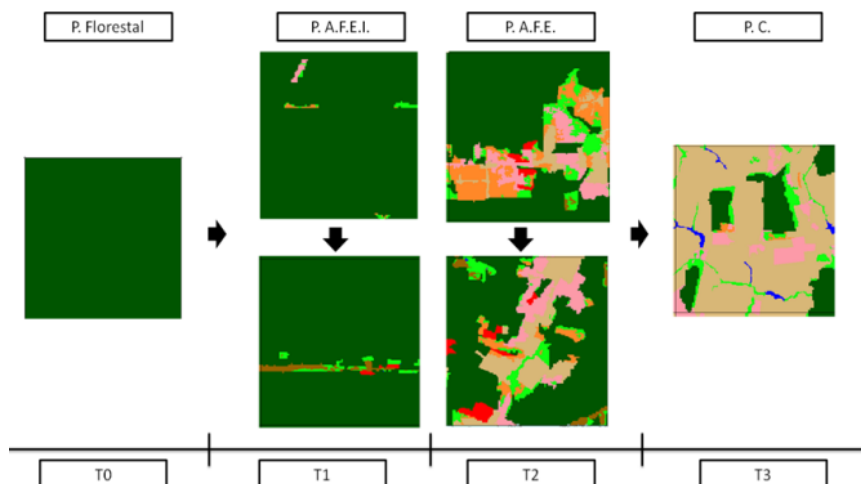
Name	Description	Formula	Range	Units
c_CA	Class Area means the sum of areas of a cell.	$\sum_{j=1}^n a_j \left(\frac{1}{10000} \right)$	≥ 0	ha
c_Percent Land	% Land equals the sum of the areas (m ²) of all patches of the corresponding patch type divided by total landscape area (m ²). % Land equals the percentage the landscape comprised of the corresponding patch type.	$\frac{\sum_{j=1}^n a_j}{A} \times 100$	[0%, 100%]	%
c_ED	Edge Density equals the sum of the lengths (m) of all edge segments involving the corresponding patch type, divided by the total landscape area (m ²).	$\frac{\sum_{j=1}^n e_j}{A} \times 10000$		m/ha
c_lsi	Landscape Shape Index equals the sum of the landscape boundary and all edge segments (m) within the boundary. This sum involves the corresponding patch type (including borders), divided by the square root of the total landscape area (m ²).	$\frac{\sum_{j=1}^n p_j}{\sqrt{A}}$	≥ 1	-
c_np	NP equals the number of patches inside a particular landscape.	n	≥ 0	-

Fonte: Adaptado GeoDMA (2013).

2.5 Identificação e análise de trajetória de ocupação

A metodologia utilizada para identificar e analisar as trajetórias de ocupação e evolução da paisagem seguiu a preconizada por Venturieri (2003), tal como apresentado na figura 6 (abaixo).

Figura 6 – Modelo Dinâmico das Trajetórias das Tipologias de Paisagem.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

De acordo com Venturieri (2003) o Tempo 1 - T1 corresponde à chegada do agricultor na região ainda coberta pela floresta primária. Sendo representado pela “Paisagem com Agricultura Familiar em Estágio Inicial - AFEI” neste trabalho. A “evolução” do T1 depende de financiamentos e investimentos na propriedade, que por sua vez pode alcançar o Tempo 2 - T2 que corresponde à duas faces da “Paisagem com Agricultura Familiar Estabelecida - PAFE”, que para este trabalho foi agregada ao Tempo 3 devido as peculiaridades da paisagem do município de Uruará. Venturieri (2003) indica ainda que neste estágio ocorre uma definição da estratégia futura de ocupação constatada também por Waker et al. (1998), ao afirmarem que esta decisão “está claramente ligada aos custos de mão de obra e dos produtos. Porém as condições internas das unidades familiares, bem como, a atitude diante do risco, tem seu papel importante”.

Segundo Venturieri (2003) o desenvolvimento das paisagens descritas acima propiciam a formação de uma paisagem com tipologias de uso mais homogêneas e consolidadas, que podem ser representadas por duas tipologias de paisagem dependendo da sua composição de uso e cobertura da terra: “Paisagem com Pecuária Consolidada” ou “Paisagem com Agricultura Consolidada”, que correspondem ao Tempo 3 - T3.

2.6 Validação dos dados

Visando a validação dos resultados obtidos através de processos automatizados em sistemas de informações geográficas, foram realizados sobrevoos com helicóptero sobre pontos aleatórios sorteados através de operações estatísticas no *software TerraAmazon 4.6.1*.

É importante ressaltar que além da captura de coordenadas geodésicas utilizando *GPS MAP 62s GARMIN*, foram realizadas descrições da fisionomia da paisagem para posteriormente confrontar com os dados do mapeamento obtido em laboratório permitindo assim a validação do mesmo.

3 Resultados

De acordo com as análises realizadas foram identificadas sete tipologias de paisagem, com base na compilação das características das tipologias de paisagem identificadas nos trabalhos de Saito (2010) e Venturieri (2005).

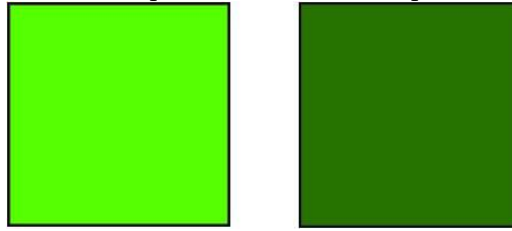
3.1 Tipologias de paisagem das regiões de integração do Araguaia e Tapajós

A nomenclatura escolhida para cada tipologia de paisagem foi adotada visando a composição de uso e cobertura da terra de cada uma, bem como a predominância de cada classe de uso ou cobertura na paisagem analisada, que identifica um estágio de ocupação e tipo de uso. Portanto, os nomes adotados foram: Paisagem Florestal (PF); Paisagem com Agricultura Familiar em Estágio Inicial (PAFEI); Paisagem com Agricultura Familiar Estabelecida (PAFE); Paisagem com Agricultura Consolidada (PAC); Paisagem com Pecuária Consolidada (PPC); Paisagem Ribeirinha (PR) e Paisagem Urbana (PU). Assim, obteve-se um modelo conceitual para cada tipologia de paisagem, tal como apresentado na tabela 3.

3.2 Paisagem Florestal

Esta tipologia de paisagem é caracterizada pelo predomínio de áreas florestadas com boa integridade em sua estrutura, apresentando árvores de médio a alto porte com dossel estratificado, diversidade de espécies de fauna e flora, sem significativas alterações por atividades antrópicas. No entanto, podendo apresentar em sua composição pequenas áreas com manchas de vegetação secundária ou regeneração vegetal em estágio intermediário a avançado, sem apresentar manchas de solo exposto (Figura 7).

Figura 7 – Célula de representação da tipologia de Paisagem Florestal, sem nenhum tipo de atividade antrópica.



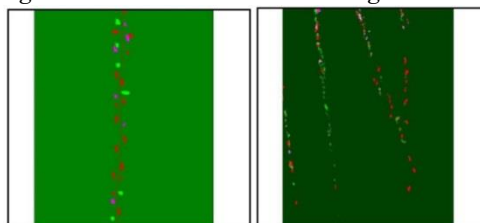
Fonte: elaborado pelo autor.

Pode compreender áreas de proteção ambiental, terras indígenas florestadas, campos naturais, ou áreas de extrativismo ou manejo florestal.

3.3 Paisagem com agricultura familiar em estágio inicial

Compreendem as áreas em estágio inicial de ocupação ou áreas de ocupação pioneira Becker (2001), Ferreira (2001), Venturieri (2003), caracterizadas por pequenos estabelecimentos rurais, dispersos e fragmentados, sem títulos de terra/posse, geralmente concentrados ao longo das rodovias e suas vicinais. Com atividades econômicas diversificadas voltadas a agricultura e/ou pecuária de subsistência, com mão de obra familiar não mecanizada e pouco estruturada, ausência de financiamento agrícola (Figura 8).

Figura 8 – Célula de representação da tipologia de Paisagem com Agricultura Familiar em Estágio Inicial.



Fonte: elaborada pelo autor.

É composta por um percentual significativo de áreas florestadas e áreas de regeneração vegetal (vegetação secundária), manchas de solo exposto, que

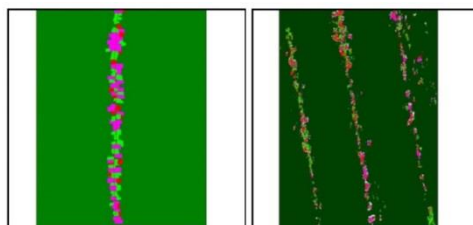
representam as pequenas aberturas para o cultivo de subsistência ou pecuária de pequeno porte.

3.4 Paisagem com agricultura familiar estabelecida

Correspondem as áreas em estágio intermediário de ocupação, apresentando pequenos e médios estabelecimentos rurais, com uma maior fixação do homem a terra e um maior emprego de estruturas às propriedades rurais, apresentando um nível intermediário de antropização da terra pelo homem. De acordo com Ferreira (2001) esta classe de produtores surge a partir de uma maior organização, disponibilidade e dedicação da mão de obra para a propriedade, valendo-se também de pequenos investimentos, que acabam gerando certo acúmulo de capital.

É caracterizada por apresentar em sua estrutura manchas de desmatamento pequenas e médias, alongadas e lineares, contínuas, com formatos regulares e irregulares (formas variadas), apresentando ramificações no formato de espinhas de peixe (SAITO, 2011:), ao longo das rodovias e suas vicinais, com significativa diversidade de padrões de uso do solo, portanto, apresentando alta heterogeneidade em sua composição (Figura 9).

Figura 9 – Célula de representação da tipologia de Paisagem com Agricultura Familiar Estabelecida.



Fonte: elaborada pelo autor.

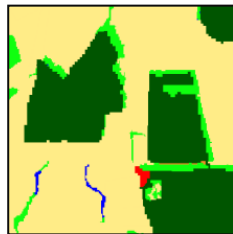
De acordo com Venturieri (2003) o desenvolvimento da agricultura perene é uma das principais fontes de renda, sendo a responsável pela manutenção e investimento na propriedade. Ainda segundo o autor, a

diversificação da produção visando à manutenção, não somente de atividades rentáveis durante todos os meses do ano, mas, também, como estratégia econômica visando a redução dos riscos inerentes às políticas agrícolas, pragas e doenças do setor agropecuário.

3.5 Paisagem com agricultura consolidada

Representa as áreas em avançado estágio de ocupação, com grandes estabelecimentos rurais, geralmente com monocultura empresarial de grãos, com elevado grau de mecanização, financiamento agrícolas, apresentando um nível elevado de antropização da terra pelo homem e supressão dos remanescentes florestais (Figura 10).

Figura 10 – Célula de representação da tipologia de Paisagem com Agricultura Consolidada.



Fonte: elaborada pelo autor.

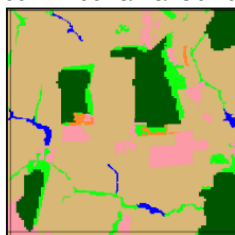
É caracterizada por apresentar manchas médias e grandes de desmatamento, com formato geométrico regular, alta continuidade, baixa densidade de tipologias de uso da terra e remanescentes florestais, possui alta homogeneidade com a predominância de extensas áreas de agricultura.

3.6 Paisagem com pecuária consolidada

Engloba as áreas em avançado estágio de ocupação, com grandes estabelecimentos rurais com atividades econômicas direcionadas à pecuária extensiva leiteira ou de corte, com manejo de pastagens mecanizado, apresentando baixos índices de remanescentes florestais e alto grau de antropização (Figura 11).

É caracterizada por apresentar manchas médias e grandes de desmatamento, com formato geométrico regular, alta continuidade, baixa densidade de tipologias de uso da terra e remanescentes florestais, possui alta homogeneidade com a predominância de extensas áreas de pastagens sem e com a presença de invasoras (Pastagem limpa e suja, respectivamente).

Figura 11 – Célula de representação da Tipologia de Paisagem com Pecuária Consolidada.

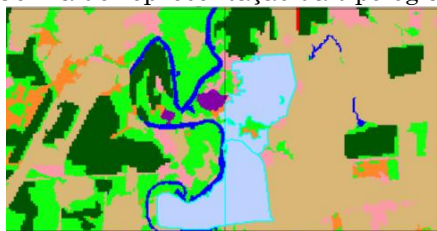


Fonte: elaborada pelo autor.

3.7 Paisagem urbana

Representa as áreas em estágio avançado de ocupação, com a presença de conglomerados urbanos, representando pequenas e médias cidades, bem como os grandes centros urbanos (Figura 12).

Figura 12 – Célula de representação da tipologia de Paisagem



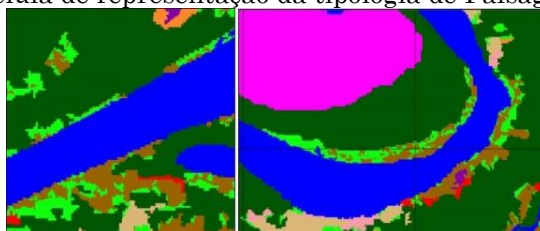
Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com Saito (2011) É caracterizada por manchas médias e grandes de desmatamento, ligadas a estruturas lineares representadas pelas vias de acesso (eixo rodoviário) e rios. Apresentando alta diversidade de uso em sua composição, no entanto, é ressaltada a presença do centro urbano para essa unidade de paisagem.

3.8 Paisagem Ribeirinha

Corresponde às áreas em estágio inicial, intermediário ou avançado de ocupação, com pequenos e médios estabelecimentos rurais localizados às margens dos rios, são as comunidades intituladas popularmente como “ocupações ribeirinhas” (TRINDADE JUNIOR, 2008). De acordo com Saito (2011), as atividades econômicas são direcionadas a agricultura e pecuária e pesca de subsistência (Figura 13).

Figura 13 – Célula de representação da tipologia de Paisagem Ribeirinha.



Fonte: elaborada pelo autor.

É caracterizada por apresentar manchas pequenas e médias de desmatamento ao longo dos rios, espaçados e fragmentados.

Tabela 3: Tipologias de Paisagem das Regiões de Integração do Araguaia e Tapajós

Tipologia de Paisagem	Padrão de Desmatamento	Descrição	Semântica
P. Florestal		<ul style="list-style-type: none"> - Manchas médias e grandes de florestas; - Contínuas; - Formas irregulares; - Ramificações; - Baixa densidade de padrões de ocupação; - Média a Alta homogeneidade; 	<ul style="list-style-type: none"> - Predominância de floresta; - Ausência de Atividades Antrópicas; - Campos Naturais; - Terras Indígenas Florestadas;
P. Agricultura em Estágio Inicial	- Difuso e/ou Linear	<ul style="list-style-type: none"> - Manchas pequenas - Fragmentadas e esparsas e/ou alongadas pouco espessas; - Formas irregulares e variadas; - Média a alta densidade de padrões de ocupação; - Média a alta heterogeneidade; 	<ul style="list-style-type: none"> - Estágio inicial de ocupação; - Pequenos estabelecimentos rurais; - Áreas de ocupação espontânea; - Atividades econômicas de subsistência; - Pequena pecuária e/ou agricultura

Tabela 3: Tipologias de Paisagem das Regiões de Integração do Araguaia e Tapajós

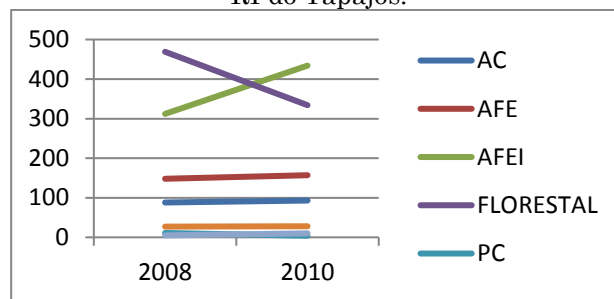
P. com Agricultura Familiar Estabelecida	- Espinha de peixe e/ou multidirecional desordenado	- Manchas pequenas e médias alongadas e lineares; - Contínuas; - Regulares e irregulares e variadas; - Ramificadas como vértebra de peixes; - Média a alta densidade de padrões de uso; - Média a alta heterogeneidade	- Estágio Intermediário de ocupação; - Pequenos e médios estabelecimentos rurais; - Ocupação ao longo de estradas e vicinais; - Atividades econômicas: Agricultura familiar e/ou pequena pecuária;
P. com Agricultura Consolidada	Geométrico Regular ou Consolidado	- Manchas médias a grande de desmatamento; - Contínuas; - Formas geométricas regulares; - Baixa densidade de remanescentes florestais; - Alta homogeneidade	- Estágio Avançado de ocupação; - Grandes estabelecimentos rurais; - Atividades econômicas: Monocultura Agricultura de grãos, empresarial e mecanizada; - Esgotamento de remanescentes florestais
P. com Pecuária Consolidada	Geométrico Regular ou Consolidado	- Manchas médias a grande de desmatamento; - Contínuas; - Formas geométricas regulares; - Baixa densidade de remanescentes florestais; - Alta homogeneidade	- Estágio Avançado de ocupação; - Grandes estabelecimentos rurais; - Atividades econômicas: Pecuária extensiva de larga escala, empresarial e mecanizada; - Esgotamento de remanescentes florestais
P. Urbana	Ilha	- Manchas pequenas, médias e/ou grandes; - Contínuas e lineares (vias de acesso); - Formas irregulares a irregulares; - Média densidade; - Média heterogeneidade.	- Estágio avançado de ocupação; - Áreas Urbanas;
P. Ribeirinha	Multidirecional Ordenado	- Manchas Pequenas; - Isoladas e dispostas ao longo dos rios; - Baixa densidade de padrões de ocupação;	- Estágio Inicial a intermediário de ocupação; - Ocupação ribeirinha; - Pequenos estabelecimentos rurais; - Atividades econômicas: Agricultura e/ou pecuária de subsistência; extrativismo vegetal/ florestal;

Fonte: Adaptado Saito (2010).

A RI do Tapajós, assim como suposto, apresentou mais áreas classificadas como Paisagens Florestais, tanto para o ano de 2008 quanto para o ano de 2010 (fig. 14). Pode-se verificar que essas paisagens estão em sua maioria localizadas em Unidades de Conservação, sendo resguardadas por lei, fato este que minimiza em muito a pressão da fronteira agrícola sobre os remanescentes florestais que ainda restam na região.

Ressalvando que, mesmo nessas áreas e ainda com as restrições legais estabelecidas em lei, podem-se encontrar modificações nessas paisagens dentro das UC's e Terras Indígenas, com a modificação da paisagem principalmente por pequenos produtores rurais que se instalam nessas áreas alterando a sua estrutura florestal "original".

Figura 14 – Comportamento das frequências das Tipologias de Paisagem da RI do Tapajós.



Fonte: elaborada pelo autor.

Assim pode-se verificar modificação em aproximadamente 31,34% das tipologias de paisagem florestal para as demais tipologias de paisagem, principalmente para a TP Agricultura Familiar em Estágio Inicial, com conversão direta de 30,06% (Tabela 4).

Tabela 4: Quantificação da frequências das tipologias de paisagem da RI do Tapajós

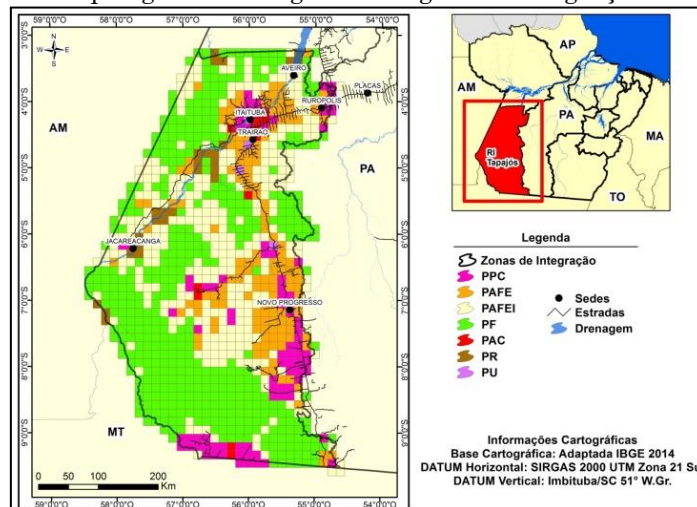
2008 → / 2010 ↓	AC	AFE	AFEI	FLORESTAL	PC	PR	PU	TOTAL
AC	77	5	0	0	0	0	6	88
AFE	8	119	20	0	0	1	0	148
AFEI	3	30	267	9	1	2	0	312
FLORESTAL	0	0	141	322	0	6	0	469
PC	5	2	1	0	3	0	0	11
PR	0	0	5	3	0	19	0	27
PU	0	1	0	0	0	0	4	5
TOTAL	93	157	434	334	4	28	10	1060

Fonte: elaborada pelo autor.

É importante ressaltar que houve algumas confusões com o classificador, visto que o processo foi automatizado, tal comportamento pode ser observado em algumas conversões consistentes, como de TP com a presença de atividades agropecuárias em algum estágio de apropriação, para TP Florestal, isto correspondeu a 9,23% do total de amostras. No entanto, essa estimativa de erro pode ser totalmente corrigida através de edição manual do operador.

Analisando o resultado da classificação de TP realizada para a RI do Tapajós em ambos os anos (figuras 15 e 16) pode-se constatar que a “evolução” de uma paisagem mais integrada (florestada) para uma região mais antropizada está ocorrendo ao longo da BR-163 e suas vicinais, portanto, infere-se que a mesma possui forte influencia para a modificação do seu entorno.

Figura 15 – Mapa de Tipologia de Paisagem da Região de Integração do Tapajós, ano 2008.



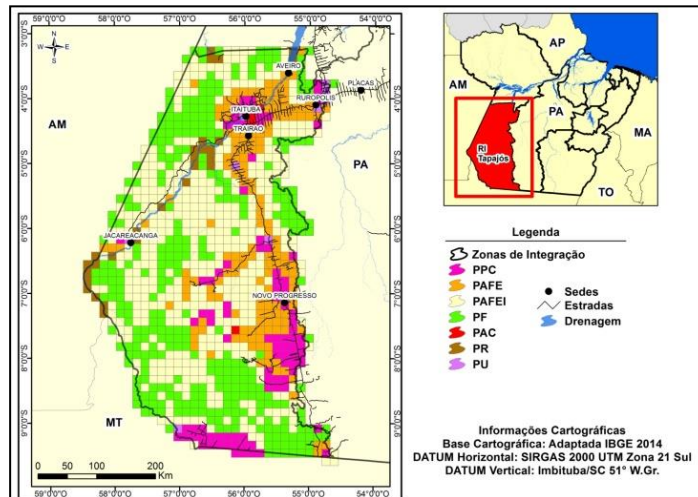
Fonte: elaborada pelo autor.

Sendo que, verifica-se uma maior concentração de TP's com uso consolidado nas áreas onde há maior adensamento de vicinais. Verifica-se ainda, uma maior concentração de TP's com Agricultura Estabelecida tanto ao longo da via principal como de suas vicinais, possuindo significativa representatividade na RI do Tapajós, representando aproximadamente 14% da área classificada.

Portanto, analisando a figura 14, nota-se que há uma relativa estabilidade entre as TP's encontradas para esta RI. No entanto, constata-se um pequeno aumento da TP com Agricultura Estabelecida e das TP's Consolidadas. Mas, a maior diferenciação ocorre entre as classes de TP's com Agricultura Familiar em Estágio Inicial e a TP Florestal, onde há um declínio das paisagens florestadas e um significativo aumento das áreas de AFEI, confirmando assim a dinâmica da paisagem analisadas anteriormente neste trabalho que indica que nesta região as áreas florestadas estão continuamente sendo incorporadas ao processo produtivo, com a abertura de novas áreas para a implantação de pastagem ou cultivo.

Ressalta-se ainda que as TP's classificadas como Ribeirinhas apresentam coerência com o modelo conceitual construído, visto que as mesmas concentram-se ao longo dos rios e seus tributários.

Figura 16 – Mapa de Tipologia de Paisagem da Região de Integração do Tapajós, ano 2010.

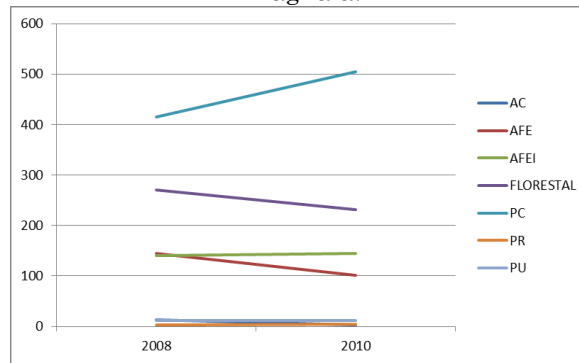


Fonte: elaborada pelo autor.

Já na RI do Araguaia ao contrário do que foi verificado para a RI do Tapajós, apresenta maior predomínio de Tipologias de Paisagem consolidadas, mais especificamente a TP com Pecuária Consolidada (fig. 17), acerca de 41,54% da paisagem da região, fato este que corrobora com os dados analisados na dinâmica de uso da terra para esta RI, que evidenciou às áreas

de pastagem manejadas como as de maior predominância para a paisagem e para a economia da RI do Araguaia.

Figura 17 – Comportamento das frequências das Tipologias de Paisagem da RI do Araguaia.



Fonte: elaborada pelo autor.

Entretanto, nota-se que a região também apresenta em sua estrutura TP's com remanescentes florestais, que correspondem a 27,12% da paisagem, tal como verificado à RI do Tapajós estas TP's também estão concentradas em Unidades de Conservação, mas principalmente em Terras Indígenas.

Sendo que, do ano de 2008 para o ano de 2010, há uma perda de paisagens florestais, verificando-se conversões diretas para TP's com Agricultura Familiar em Estágio Inicial (4,5%), tal como pode ser observado na tabela 5. Indicando assim que mesmo se constituindo enquanto uma paisagem predominantemente “consolidada” ainda há uma inserção de áreas florestadas ao processo produtivo, no entanto essa taxa representa menos que da metade dos valores encontrados para essa mesma conversão na RI do Tapajós, inferindo assim, que a Região do Tapajós apresenta maior dinâmica da paisagem se comparada a Região de Integração do Araguaia.

Tabela 5: Quantificação das frequências das Tipologias de Paisagem da RI do Araguaia

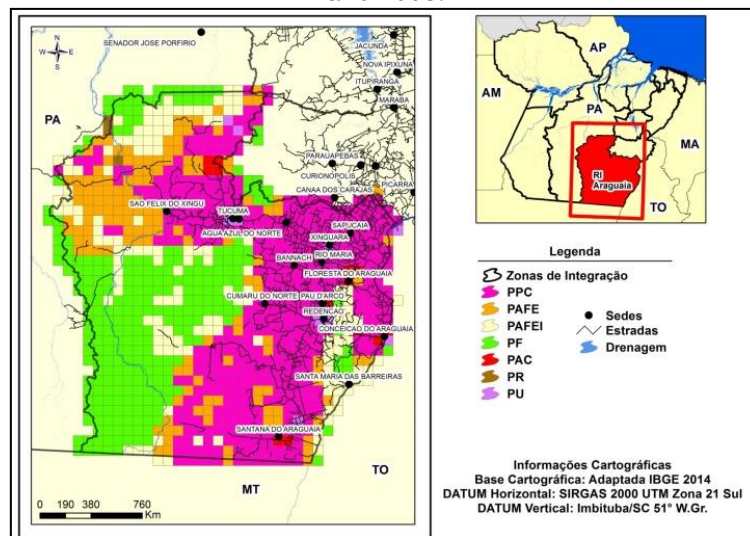
2008→/2010 ↓	AC	AFE	AFEI	FLORESTAL	PC	PR	PU	TOTAL
AC	1	0	0	0	12	0	0	13
AFE	0	62	7	2	74	0	0	145
AFEI	0	33	92	3	12	1	0	141
FLORESTAL	0	0	45	225	0	1	0	271
PC	2	5	0	1	407	0	0	415
PR	0	1	0	0	0	2	0	3
PU	0	0	0	0	0	0	11	11
TOTAL	3	101	144	231	505	4	11	999

Fonte: elaborada pelo autor.

Ressalta-se que, grande parte dessas Conversões PF para PAFEI estão localizadas em Terras Indígenas, sendo verificadas intensas alterações na Terra Indígena dos Kayapós, ou seja, mesmo sendo resguardadas por legislação específica, verifica-se modificações dessas áreas florestadas, com a implantação de pastagem cultivada, por médios e grandes pecuaristas.

No que tange as TP's antropizadas, verifica-se que as mesmas, também, “evoluem” em estágio de antropização à medida que se aproximam da BR-010 e suas vicinais. Sendo que, tanto para o ano de 2008 quanto para o ano de 2010 as Tipologias de Paisagem Consolidadas, ou seja, que tiveram sua estrutura original totalmente alteradas podem ser identificadas ao longo das margens da BR e suas vicinais (figuras 18 e 19).

Figura 18 – Mapa de Tipologia de Paisagem da Região de Integração do Araguaia, ano 2008.



Fonte: elaborada pelo autor.

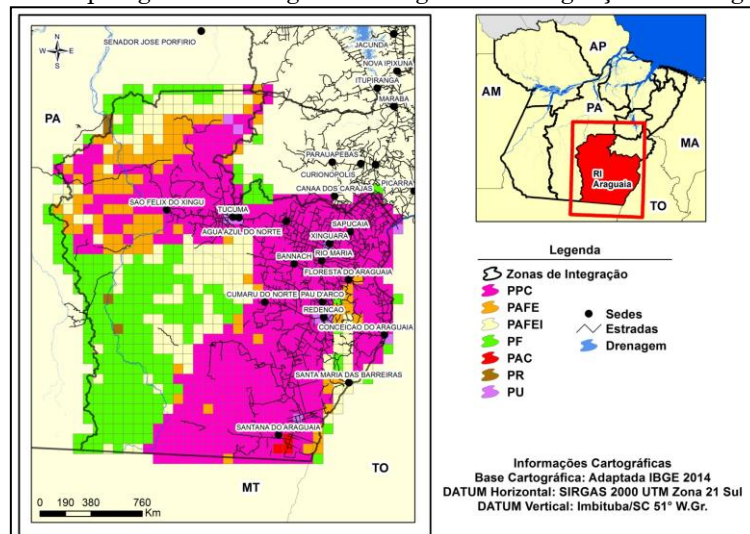
Já as TP's com Agricultura Familiar Estabelecida, ao contrário do que foi verificado para a RI do Tapajós, não possuem tanta expressividade para esta RI, visto que a mesma representa um estágio intermediário entre a implantação de um sistema produtivo e sua consolidação na paisagem, posto que a paisagem desta região seja dominada por médios e grandes latifúndios pecuaristas.

Há, no entanto, relativa expressividade das TP's com Agricultura Familiar em Estágio Inicial, localizadas em grande parte nas vicinais mais

afastadas da BR-010, e em Unidades de Conservação e Terras Indígenas, indicando assim que os pequenos proprietários rurais são os vetores de expansão à abertura de novas áreas para posteriormente serem incorporadas às médias e grandes propriedades que compõem a estrutura da paisagem desta Região de Integração.

Outro fato relevante se refere a maior concentração de Paisagens Urbanas para esta região, se comparada a RI do Tapajós, sendo que estas Paisagens apresentam cerca de 1,1% da paisagem, ao contrário do que ocorre para a RI do Tapajós. Logo, percebe-se uma estabilização dessas paisagens do ano de 2008 para o ano de 2010 nessa RI. É importante ressaltar que os maiores índices de renda e menos valores para o Índice de GINI foram encontrados a RI do Araguaia, indicando maior qualidade de vida e potencial econômico dos habitantes dos municípios localizados nessa região.

Fig. 19 - Mapa de Tipologia de Paisagem da Região de Integração do Araguaia, ano 2010.



Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, analisando a figura 19, pode-se perceber um significativo aumento das Tipologias de Paisagem com Pecuária Consolidada em detrimento das paisagens com remanescentes florestais, além de maior predominância daquela tipologia em relação às demais.

Verifica-se ainda um leve aumento das tipologias de paisagem com Agricultura Familiar em Estágio Inicial (PAFEI) e um declínio das Tipologias

de Paisagem com Agricultura Familiar Estabelecida (PAFE), que indicam que a paisagem ainda está sofrendo modificações em áreas florestadas.

4 Considerações finais

O processo de mapeamento automatizado de Tipologias de Paisagem utilizando o *Plugin GeoDMA* do *Terra View* demonstrou-se eficaz e preciso, visto que os resultados alcançados apresentam coerência com a realidade de cada Região de Integração. Fato este constatado após se confrontar as bases cartográficas de Instituições de pesquisa científicas confiáveis, tais como: as bases de estradas, drenagem, Unidades de Conservação e Terras Indígenas e malha fundiária, com os mapas de Tipologias de Paisagens gerados pelo software. Confirmando, assim que as TP com as classes que representam os estágios de ocupação de uma paisagem encontram-se em áreas com malha fundiária registrada no Cadastro Ambiental Rural da Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Estado do Pará e que as áreas com cobertura vegetal mais preservada encontram-se em áreas protegidas pela legislação em ambiental.

Através das análises dos resultados alcançados pode-se confirmar que a Região de Integração do Tapajós apresenta maior dinâmica de uso e cobertura da terra se comparada a Região de Integração do Araguaia, devido ao histórico de ocupação das mesmas, visto que a Região apresenta significativa porcentagem de áreas verdes e poucas tipologias de paisagem consolidadas, bem como por estarem sob influências de rodovias que apresentam processos diferenciados e estão em estágios de evolução diferentes. Onde, devido ao tempo de implantação e, estrutura física e funcional, a BR-010 (RI Araguaia) possui uma dinâmica de fluxos diferentes das que ocorrem na BR-163, que teve sua implantação mais recentemente, ainda possui uma estrutura física mais deficitária, pois ainda não está totalmente asfaltada, apresentando, portanto, fluxos e dinâmica diferenciada e mais precária.

As dinâmicas de uso e cobertura da terra do ano de 2008 para o ano de 2010 são mais intensas nas tipologias de paisagem de agricultura familiar em estágio inicial de ocupação. Portanto, a Região de Integração do Tapajós, que se caracteriza por apresentar em sua estrutura os maiores valores de área para estas tipologias de paisagem, é a que apresenta maior dinâmica de uso e cobertura da terra. Visto que esta TP é caracterizada por representar um estágio inicial de ocupação antrópica, estando em “evolução” para um nível mais avançado de antropização. Além disso, é para a RI do Tapajós que foram constatados as maiores frequências das TP com Agricultura Familiar Estabelecida, que também, se constituem enquanto um estágio de transição de uma paisagem com níveis consideráveis de antropização para uma paisagem de uso consolidado, ou seja, com uma estrutura de paisagem mais alterada pelos processos antropogênicos.

A Região de Integração do Araguaia apresenta tipologias de paisagens que possuem uso consolidado, estando em grande parte associadas a extensas áreas de pastagens cultivadas com pecuária extensiva e de corte, que correspondem às tipologias de paisagem: Pecuária Consolidada e/ou Agricultura consolidada, sendo esta última em menor frequência, diferente das tipologias de paisagens da RI do Tapajós que se caracterizam por apresentar predominância das tipologias de paisagem com Agricultura Familiar em Estágios Iniciais de ocupação, associadas às pequenas e médias imóveis rurais com atividades agrícolas diversificadas, tendo ênfase às paisagens com pequenos empreendimentos rurais com agricultura de subsistência ao contrário do que ocorre para a RI do Araguaia, com médias e grandes propriedades rurais e atividade agropecuária consolidada, geralmente direcionada à produção em grande escala.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e à Embrapa Amazônia Oriental por disponibilizarem os dados de uso e cobertura da terra. E à Universidade do Estado do Pará pelo apoio.

Referências

- BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, v.6, n. 12, 2001. pp. 135-158.
- CARVALHO, M.V.A. **Classificação da cobertura e uso do solo com imagens WorldView-2 utilizando mineração de dados e análise baseada em objetos**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, p. 201, 2011. Site: <http://urlib.net/8JMKD3MPGP7W/3ACT3BL>. Acessado em: março de 2016.
- FAYYAD, U., SHAPIRO, G., SMYTH, P. The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. **Communications of the ACM** 39 (11), 1996. pp. 27–34.
- FAYYAD, U., STOLORZ, P. Data mining and KDD: promise and challenges. **Future Generation Computer Systems** 13, 1997. pp. 99–115.
- FERREIRA, L. A. Le role de élevage bovin dans La viabilité agroécologique et socio-économique des systèmes de production agricoles familiaux en Amazonie brésilienne - Le cas d'Uruará (Pará, Brésil). **Institut National Agronomique Paris-Grignon**, Paris, 2001. p. 188.
- GOODCHILD, M. GIScience, geography, form, and process. In: Association of American Geographers. Vol. 94. **Blackwell Publishing**, Oxford, UK, 2004. pp. 709–714.
- GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: The world of volunteered geography. **Journal of Geography**, v. 69, n. 4, 2007. pp. 211–221.
- HAN, J., KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**. Site: <<http://books.google.com/books?id=AfL0t-YzOrEC>>. Acessado em abril de 2017.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse do Senso Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro, 2011. pp 1 – 215.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **TerraView**. Site: <<http://www.dpi.inpe.br/terraview>>. Acessado em janeiro de 2016.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. **Perfil da gestão ambiental dos municípios paraenses: programa municípios verdes**. Belém: IDESP, 2013.
- INPE. INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. **GeoDMA, Geographical Data Mining Analyst**, 2007. Site: <<http://www.dpi.inpe.br/GeoDMA/?lingua=portugues>>. Acessado em: setembro de 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **TerraClass Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia**. Site: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php>. Acessado em: outubro de 2015.
- KORTING, T. S.; FONSECA, L. M.; ESCADA, M. I. S.; SILVA, F. C.; SILVA, M. P. S. **GeoDMA: a novel system for spatial data mining. International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)**, 2008. pp. 975 – 978.
- KORTING, T. S.; FONSECA, L.M.G.; CAMARA, G. **GeoDMA – Geographic Data Mining Analyst. Computers & Geosciences**, vol. 57, 2013. pp. 133-145.
- LAROSE, D. T. **Discovering Knowledge in Data: An introduction on Data Mining**. Book. Jhon Wiley, New York, 2005. pp. 27-65.
- LAMBIN, E.; GEIST, H.; LEPESSRS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, 2003. pp. 205-241.
- MILLER, H. J. AND HAN, J. “Geographic data mining and knowledge discovery: An overview,” in Miller, H. J. and Han, J. **Geographic Knowledge Discovery and 33 Data Mining**, second edition. CRC Press. 2009. p. 445.
- QUINLAN, J. **C4.5: programs for machine learning**. Morgan Kaufmann. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1993. p. 312.

- MCCUE, C. *Data Mining and Predictive Analysis: Intelligence Gathering and Crime Analysis*. **Butterworth-Heinemann**; Burlington, MA: Print, 2007. pp. 94 - 100.
- SAITO, E., KORTING, T., FONSECA, L., ESCADA, M. Mineração em dados espaciais de desmatamento do PRODES utilizando métricas da paisagem caso de estudo município de Novo Progresso – PA. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife, Brazil, 2010. pp. 1- 9.
- SAITO, E. A., ESCADA, M.I.S., FONSECA, L. M. G., KORTING, T.S. Análise de padrões de desmatamento e trajetória de padrões de ocupação humana na Amazônia usando técnicas de mineração de dados. **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. Curitiba, Brazil, 2011. pp. 2833 - 2840.
- SILVA, M. P. S.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S.; SOUZA, R. C. M.; VALERIANO, D. M. Mining patterns of change in remote sensing image databases. **15 IEEE International Conference on Data Mining (ICDMW)**, Hoston, 2005. p. 8.
- TRINDADE JÚNIOR, SAINT-CLAIR CORDEIRO DA; TAVARES, MARIA GORETTI DA COSTA. (orgs). **Cidades Ribeirinhas da Amazônia: mudanças e permanências**. Belém: EDUFPA, 2008. p. 216.
- VENTURIERI, ADRIANO. **A dinâmica da ocupação pioneira na rodovia Transamazônica: uma abordagem de modelos de paisagem**. (Tese de Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro, 2003. p. 167.
- VENTURIERI, ADRIANO; FIGUEIREDO, R.O.; MARKEWITZ, D. **Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica no município de Paragominas, Pará**. p. 1127-1134, 2005. Site: www.obt.inpe.br/cbers/cbers_XIISBSR/648_Paragominas_SBSR.pdf. Acessado em abril de 2013.
- VIEIRA, M. A. **Análise de imagem orientada a objeto e mineração de dados aplicadas ao mapeamento da cultura da cana-de-açúcar**. São José dos Campos: INPE. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. p. 86.

WALKER, R. T.; HOMMA, A.K.O.; SCATENA, F.N.; ROCHA, A.C.P.N.; SANTOS, A.I.M.; CONTO, A.J.; RODRIGUEZ-PEDRAZZA, C.D.; FERREIRA, C.A.P.; OLIVEIRA, P.M.; CARVALHO, R.A. A evolução da cobertura do solo nas áreas de pequenos produtores na Transamazônica. In: HOMMA, A.K.O. ed. **Amazônia: meio ambiente e desenvolvimento agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI; Belém: Embrapa CPATU. 1998. p. 321-343.