

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ –
CAMPUS CASTANHAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO DE
EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

CIRO DA CUNHA RODRIGUES

**DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DO SOLO NO
ASSENTAMENTO RURAL PARAGONORTE EM PARAGOMINAS, PARÁ**

CASTANHAL
2019

CIRO DA CUNHA RODRIGUES

**DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DO SOLO NO
ASSENTAMENTO RURAL PARAGONORTE EM PARAGOMINAS, PARÁ**

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Paragominas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares.

Orientador: Prof^o. Dr. Cícero Paulo Ferreira.

CIRO DA CUNHA RODRIGUES

Dados para catalogação na fonte
Setor de Processamento Técnico Biblioteca
IFPA - Campus Castanhal

R696d Rodrigues, Ciro da Cunha

Dinâmica da cobertura vegetal e do uso do solo no Assentamento Rural Paragonorte em Paragominas-PA / Ciro da Cunha Rodrigues. – 2019.

95 f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, 2019.

1 Solos - Uso - Paragominas. 2. Desmatamento - Paragominas. 3. Assentamento Paragonorte. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. II. Título.

CDD: 631.47098115

Biblioteca/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Bibliotecária Suzana de Nazaré César da Silva Santos – CRB-2:1078

CIRO DA CUNHA RODRIGUES

**DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DO SOLO NO
ASSENTAMENTO RURAL PARAGONORTE EM PARAGOMINAS, PARÁ**

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Paragominas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares.

Orientador: Prof^o Dr. Cícero Paulo Ferreira
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

Avaliador: Prof^o Dr. Javier Dias Pita
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

Avaliador: Prof.^a Dra. Rosana Cardoso Rodrigues da Silva
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

Dedico este trabalho às pessoas presentes na minha vida durante esta jornada, em especial: Minha mãe, meu pai, meus irmãos e minha esposa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar a realização deste sonho. Obrigado por me permitir, não desistir e principalmente por ter me dado sabedoria nos momentos mais difíceis.

Ao IFPA - Castanhal, curso de mestrado PPGDEA; IFPA – Paragominas; e Prefeitura Municipal de Paragominas-PA.

Ao Professor Dr. Cícero Paulo Ferreira, pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação do seu tempo. Em cada reunião agradeço por seu apoio e incentivo.

Ao meu coorientador Professor Dr. Marcio Roberto da Silva Melo pela sua e colaboração e orientação neste trabalho. Sempre disponível quando houve a necessidade de reuniões.

A todos os professores do curso de mestrado do IFPA, Campus Castanhal, pela competência e facilidade de transmitir o seu conhecimento.

Agradeço a minha esposa Rosana Lima Rodrigues pelo companheirismo e apoio.

Aos amigos da turma 2017 do Mestrado pela colaboração em todos os momentos nesta caminhada.

Aos meus irmãos Gisele da Cunha Rodrigues, Patrícia da Cunha Rodrigues, Paloma da Cunha Rodrigues e Raimundo da Cunha Rodrigues.

Aos meus amigos de trabalho da Secretaria de Meio Ambiente de Paragominas que sempre estiveram presentes no dia a dia me incentivando até chegar nesta etapa final.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.
(Simone de Beauvoir)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa dos pontos de maior desmatamento na Amazônia Legal.....	22
Figura 2 –	Mapas das áreas legalmente atribuídas para Unidades de Assentamentos da Reforma Agrária no Brasil até abril de 2017.	24
Figura 3 -	Matriz de confusão (exemplo matemático)	36
Figura 4 -	Mapa de localização do assentamento Paragonorte em Paragominas – PA.....	42
Figura 5 -	Amostra da classe Floresta, dimensões 20x21 pixels, ano 1998 (A); amostra da classe Mosaico de ocupações, dimensões 13x14 pixels, ano 2008 (B); amostra da classe Nuvem e sombra, 10x11 pixels, ano 2018 (C)	50
Figura 6 -	Interface do plugin SCP Dock: Limiar de aceitação (retângulo vermelho)	51
Figura 7 -	Mapa de distribuição dos 685 pontos na imagem do ano de 1998 (A); Mapa de distribuição dos 663 pontos amostrais na imagem do ano de 2008 (B); Mapa distribuição dos 673 pontos no ano de 2018 (C)	54
Figura 8 -	Mapa temático de uso e cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (2008)	64
Figura 9 -	Mapa temático de uso e cobertura do solo do assentamento Paragonorte (2008)	66
Figura 10 -	Mapa temático de uso e cobertura do solo do assentamento Paragonorte (2018)	68
Figura 11 -	Mapa da Máscara de Floresta: ano 1998 (A); ano 2008 (B); ano 2018.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Qualidade da classificação associada aos valores do Índice Kappa	37
Tabela 2 –	Valores de referência para o coeficiente de correlação linear de Pearson	39
Tabela 3 –	Quadro de imagens de satélites utilizadas na série temporal.....	43
Tabela 4 –	Classes de uso e cobertura da Terra no Assentamento Paragonorte nos anos 1998, 2008 e 2018.....	47
Tabela 5–	Validação em campo do mapeamento de uso e cobertura da terra do Assentamento Paragonorte.....	61
Tabela 6 –	Dados gerais das classificações supervisionadas do uso e ocupação do solo ao longo de 20 anos.....	71
Tabela 7–	Coefficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis tempo (anos 1998, 2008 e 2018) e classes de uso e cobertura do solo no Assentamento Paragonorte.....	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Correlação linear entre X e Y	40
Gráfico 2 – Classes de uso e cobertura da Terra do Assentamento Paragonorte, ano 1998.....	63
Gráfico 3 – Classes de uso e cobertura da Terra do Assentamento Paragonorte, ano 2008.....	65
Gráfico 4 – Classes de uso e cobertura da Terra do Assentamento Paragonorte, ano 2018.....	67
Gráfico 5 – Dinâmica das classes de cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (1998- 2008)	71
Gráfico 6 – Dinâmica das classes de cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (2008- 2018)	72
Gráfico 7 – Dinâmica das classes de cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (1998- 2018)	73
Gráfico 8 – Comportamento da classe Floresta no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.....	74
Gráfico 9 – Comportamento da classe Vegetação secundária no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.....	74
Gráfico 10 – Comportamento da classe Mosaico de ocupações no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte	75
Gráfico 11 – Comportamento da classe Área urbana no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte	75
Gráfico 12 – Comportamento da classe Hidrografia no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.....	75
Gráfico 13 – Comportamento entre as classes Mosaico de ocupações e Floresta no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Amostras de treinamento realizadas para a classificação supervisionada pelo método MAXVER das imagens de satélites dos anos 1998 (Landsat 5), 2008 (Landsat 5) e 2018 (Landsat 8) no Assentamento Paragonorte.....	49
Quadro 2 – Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 5 do ano 1998.....	59
Quadro 3 – Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 5 do ano 2008.....	60
Quadro 4 – Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 8 do ano 2018.....	60

LISTA DE SIGLAS

APP - Área de Preservação Permanente
ARL - Área de Reserva Legal
CAIP - Companhia Agroflorestal e Industrial do Pará LTDA
CAPP - Companhia Agropecuária do Pará
CAR - Cadastro Ambiental Rural
CASEMA - Casas Especiais de Madeira
DETER - Detecção de Desmatamento em Tempo Real
ECO 92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FHC - Fernando Henrique Cardoso
FUNAI - Fundação Nacional do Índio
GPS - Sistema Global de Posicionamento
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAR - Licenciamento Ambiental Rural
MAXVER - Máxima Verossimilhança
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MTL - Metadados (Metadata)
ND - Números Digitais
PA - Projeto de Assentamento
PDI - Processamento Digital de Imagens
PMV - Programa Municípios Verde
PNRA - Plano Nacional de Reforma Agrária
PPCDAm - Plano de Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia
PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite
SAD - Sistema de Alerta Desmatamento
SIGs - Sistemas de Informações Geográficas
TI - Reservas Indígenas
TOA - Topo da Atmosfera
UC - Unidade de Conservação
USGS - United States Geological Survey
ZEE - Zoneamento Ecológico- Econômico

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
	Desmatamento na Amazônia	18
	Desmatamento no Estado do Pará	
	Causas e Efeitos do Desmatamento em Paragominas-PA	22
	Histórico de Desmatamento em Assentamentos Rurais	23
	Criação do Programa Municípios Verdes como Medida de Controle de Desmatamento	26
	Utilização das Geotecnologias no Monitoramento do Desmatamento na Amazônia	27
	Uso e Cobertura do Solo	30
	Processamento Digital de Imagens (PDI).	31
	Classificação Digital de Imagens	32
	Avaliação da Classificação de Imagens	34
	Padrão, Unidade e Definição do Número de Amostras de Validação	34
	Matriz de Confusão	35
	Coeficientes de concordância	36
	Coeficiente Kappa	37
	Kappa Condicional	38
	Coeficiente de Correlação Linear de Pearson	39
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	42
	Localização da Pesquisa	42
	Método da Pesquisa	43
	Dados Utilizados	43
	Procedimentos Metodológicos para análises dos dados	44
	Geoprocessamento para Geração dos Dados	44
	Correção e Conversão de Número Digital para Reflectância (TOA)	44
	Composição RGB	45
	Georreferenciamento e Recorte das Imagens Multiespectrais	45
	Classificação das Imagens	46
	Definição das Classes de Uso e cobertura do Solo	46
	Obtenção das Amostras de Treinamento	48
	Validação das Classificações	55
	Análise de Correlação	56
	Organograma dos Processos Metodológicos Para Análise dos Dados	57
	Levantamento do Histórico de Uso e Ocupação do Solo da Área de Estudo	57
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
	Avaliação das Classificações Supervisionadas da Cobertura do Solo Geradas pelo Método MAXVER e da Validação em Campo	59
	Uso e Ocupação do Solo no Ano de 1998	63
	Uso e Ocupação do Solo no Ano de 2008	65
	Uso e Ocupação do Solo no Ano de 2018	67

Análise da Dinâmica de Uso e Cobertura do Solo do ano 1998 a 2018	69
Compartilhamento dos Resultados Para os Moradores do Assentamento	80
5. CONCLUSÃO	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	82

RESUMO

Este trabalho objetiva analisar a dinâmica temporal do desmatamento e suas consequências, no Assentamento Paragonorte, Município de Paragominas - PA ao longo de 20 anos, identificar e quantificar os desmatamentos ocorridos entre os anos 1998, 2008 e 2018, identificar suas possíveis causas e por fim, socializar os resultados da pesquisa para os assentados a fim de ajudar em tomadas de decisões. Para conhecer o processo de ocupação e uso do solo do assentamento, foram processadas e analisadas imagens Landsat 5 e 8, sensor TM e OLI, dos anos de 1998, 2008 e 2018, na plataforma do software Qgis Versão 3.6.3 Noosa, de onde foram detectadas e mapeadas as classes de uso da terra: Floresta, Vegetação secundária, Mosaico de ocupações, Área urbana, Hidrografia e Nuvem e sombra. A validação do mapeamento das classes de uso e cobertura do solo foi feita por meio da análise de matriz de tabulação cruzada, onde foram avaliados os índices de Kappa geral e condicional. Da malha de pontos gerados para validar a classificação supervisionada do ano 2018, foi selecionado aleatoriamente 1 ponto amostral para cada uma das cinco classes possíveis de verificação em campo, a fim de realizar a validação *in loco*. Para avaliar o comportamento das classes, gerou-se gráficos de dispersão e coeficientes de correlação linear de Pearson com o Excel 2010. Os dados extraídos da classificação supervisionada, apontam que no ano de 1998 o assentamento tinha 25,47% de sua área coberta por floresta, 15,15% no ano de 2008 e 7,00% de área de floresta no ano de 2018. O coeficiente de correlação linear de Pearson gerado para medir a relação entre as classes Mosaico de ocupações e Floresta foi igual a -0,940 (quase perfeita), indicando estatisticamente que há uma correlação linear forte negativa entre essas classes, ou seja, quando a classe Mosaico de ocupações cresce através da ação antrópica, a área de floresta reduz. O desmatamento corresponde a uma redução de 72,52% da floresta que existia na área, o que equivale a 5.929,56 ha de área desmatada em 20 (vinte) anos. O desmatamento é fortemente correlacionado com a agropecuária (-0,940), indicando que o objetivo do desflorestamento é a conversão de floresta para exercer essas atividades. É necessário que os órgãos fiscalizadores deem maior atenção aos problemas ambientais gerados nesses assentamentos.

Palavras – chave: Desmatamento, classificação supervisionada, classes, validação, coeficiente.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the temporal dynamics of deforestation and its consequences, in Paragonorte Settlement, Paragominas - PA over 20 years, identify and quantify deforestation occurred between 1998, 2008 and 2018, identify its possible causes and finally, socialize survey results for settlers to assist in decision making. To learn about the settlement occupation and land use process, Landsat 5 and 8, TM and OLI sensor images from 1998, 2008 and 2018 were processed and analyzed on the Qgis Version 3.6.3 Noosa software platform, from where Land use classes were detected and mapped: Forest, Secondary Vegetation, Occupation Mosaic, Urban Area, Hydrography and Cloud and shade. The validation of the mapping of the land use and land cover classes was done by cross-tabulation matrix analysis, where the general and conditional Kappa indices were evaluated. From the mesh of points generated to validate the supervised classification of the year 2018, 1 sample point was randomly selected for each of the five possible classes of field verification, in order to perform on-site validation. To evaluate the behavior of the classes, we generated scatter plots and Pearson linear correlation coefficients with Excel 2010. The data extracted from the supervised classification indicate that in 1998 the settlement had 25.47% of its forested area, 15.15% in 2008 and 7.00% of forested area in 2018. Pearson's linear correlation coefficient generated to measure the relationship between the Occupation Mosaic and Forest classes was -0.940 (almost perfect), statistically indicating that there is a strong negative linear correlation between these classes, that is, when the Occupations grows through anthropic action, the forest area reduces. Deforestation corresponds to a reduction of 72.52% of the forest that existed in the area, which is equivalent to 5,929.56 ha of deforested area in twenty (20) years. Deforestation is strongly correlated with agriculture (-0.940), indicating that the objective of deforestation is the conversion of forest to perform these activities. Enforcement agencies need to pay greater attention to the environmental problems generated in these settlements.

Key words: Deforestation, supervised classification, classes, validation, coefficient.

1 INTRODUÇÃO

O desmatamento na região Amazônica vem sendo discutido ao longo do tempo no meio acadêmico, nas três esferas de governo e sociedade em geral, no intuito de entender sua causa, evolução e consequência na busca de um mecanismo para diminuir esses índices de desmatamento que cresce continuamente. Assim, são apontados como impulsionadores do desmatamento na Amazônia, ações tomadas pelo governo no período da ditadura militar, pois, a Região Norte era considerada estratégica e mediante a isso foi implantado grandes programas de desenvolvimento e ocupação na região e consequentemente investiu-se na implantação de redes de integração espacial, investindo na construção de rodovias, ampliação de rede de telecomunicação, na melhoria de infraestruturas urbanas e na construção da rede energética investindo em hidroelétricas que serviriam como insumo energético à nova fase indústria I (PRATES; BACHA, 2011).

Nos meados da década de 1980 o desmatamento começou a se intensificar na região, nesse período cerca de 10% de área da floresta da região já se encontrava desmatada e que esse desmatamento foi impulsionado pela implantação de grandes projetos agropecuários apoiados por incentivos fiscais passou a existir no sul do Estado do Pará e no norte do Estado de Mato Grosso, estimulando a ocupação da região e a retirada da cobertura florestal. Os autores relatam também que a implantação de assentamentos rurais ao longo das principais rodovias que cortam a região, promovido pelas ações políticas do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) contribuíram para o desflorestamento na região Amazônica (PRATES; BACHA, 2011).

Outro fator que intensificou o desmatamento na região amazônica foi a abertura de áreas de floresta para a implantação da pecuária na região (CASTELO, 2018). Mertens et al., (2002) e Margulis (2003), já haviam relatado o alto índice de desmatamento provocado pela pecuária, segundo os autores o desmatamento promovido pela pecuária ocorreu pelo fato da atividade ser desenvolvida de forma extensiva e seu crescimento implicava necessariamente em desmatamento de novas áreas para a expansão da atividade, assim como ao baixo rendimento da atividade, que para a obtenção de maiores ganhos era necessário a ampliação das áreas de pastagens. Os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam que foram desmatados 30,6 milhões de hectares na região entre 1990 e 2006, desse quantitativo desmatado, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, estima-se que aproximadamente 25,3 milhões de hectares foram potencialmente utilizados para a implantação de pastagens (INPE, 2007).

Homma (2006), relata que agricultura em pequenas propriedades, também contribuiu significativamente para o aumento do desmatamento na região Amazônica, pois o sistema adotado na agricultura familiar desenvolvidas nessas propriedades, é o sistema itinerante, ou seja, o preparo do solo para o cultivo consiste no desmatamento e queima dos resíduos vegetais e quando o solo perde sua capacidade de produção, os agricultores partem para uma nova área de mata densa para implantação de novos de cultivos.

Os assentamentos rurais também vêm sendo apontados como promovedores de desmatamento na região. O aumento nas taxas de desmatamento nos projetos de assentamentos, está associado à alteração feita na Lei 12.651 de 2012, que altera os parâmetros que define o quantitativo das Áreas de Proteção Permanente (APP's) que devem ser mantidas nos imóveis rurais e redução das exigências de recomposição florestal em pequenas propriedades (FARIAS et al., 2018).

Observa-se que muitos foram os fatores que culminaram com a intensificação da região Amazônica a partir da década de 1970 de modo que a retirada da cobertura de florestas da região chamou atenção da comunidade científica no Brasil e do mundo, pois a floresta amazônica é a maior floresta tropical existente e o seu desmatamento implica diretamente aquecimento global. Diante desse fato, o governo brasileiro viu-se obrigado a adotar medidas que promovesse a redução das taxas de desflorestamento na região e inserir a política de conservação florestal com o intuito de mitigar os efeitos da mudança climática.

O governo criou em 2000, as unidades de conservação, sendo implantadas principalmente na região amazônica, como estratégias para desacelerar o desmatamento na Amazônia. Entretanto, segundo dados do IMAZOM o desmatamento nessas áreas vem crescendo continuamente e que de acordo com análise de imagens de Satélite (PRODES), observou-se houve um aumento de 79% do desmatamento nas Ucs em 2015, em relação ao ano de 2012, indicando uma tendência negativa dos esforços propostos para conter o desmatamento na Amazônia e principalmente nessas áreas que foram criadas especificamente para promover a redução do desmatamento. (IMAZON, 2017).

Já Alvarez (2016), relata que em busca de uma aplicação mais eficaz do código florestal foi lançado o sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) em 2004, um sistema criado para detectar e responder a eventos de desmatamento. Segundo o autor na mesma época foi implantado o Plano de Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm), no intuito de formar parceria de coordenação e colaboração entre várias instituições públicas.

Souza (2018), afirma que PPCDAm compõe-se por três eixos de ação, o primeiro voltado para regulação fundiária de terras públicas, o segundo para as ações de monitoramento e controle (Fiscalização) e o terceiro voltada para criação de uma economia ecologicamente sustentável. O autor relata ainda, que o plano também foi dividido em fases de execução, seguindo um planejamento Plurianual, que estabelece as diretrizes, objetivos e metas a serem desenvolvido pelo Governo num período de quatro anos e que o plano está em sua 4ª e última fase de execução com previsão de encerramento em 2020.

Desde então, observa-se que a geotecnologia tem sido uma grande aliada no combate ao desmatamento na Amazônia. Segundo Blanc et al., (2017), uma análise temporal é essencial para identificar, em espaços e tempo regulares e frequentes, cada episódio de degradação, bem como, a acumulação ao longo do tempo das áreas afetadas por esses episódios de degradação permite conhecer a área superficial das florestas degradadas, para um período e região específicos.

Diante do contexto, este trabalho objetiva analisar a dinâmica temporal do desmatamento e suas consequências, no Assentamento Paragonorte, Município de Paragominas - PA ao longo de 20 anos, identificar e quantificar os desmatamentos ocorridos entre os anos 1998, 2008 e 2018, identificar suas possíveis causas e por fim, socializar os resultados da pesquisa para os assentados a fim de ajudar em tomadas de decisões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desmatamento na Amazônia

Os desmatamentos na Amazônia vêm sendo apontado em vários estudos como consequência dos grandes projetos de ocupação humana e infraestrutura planejados para a região (CASTRO, 2013; INPE; 2016). Coy e Klingler (2014), citam três motivos para a ocupação da região que são: a potencialização da região Amazônica para o proporcionar o crescimento econômico nacional, o uso das reservas fundiárias nas regiões periféricas aparentemente incomensuráveis como válvulas de escape para amenizar os graves problemas sociais dos espaços centrais do país e a incorporação geoestratégica da Amazônia que de acordo com a doutrina de segurança nacional que supostamente iria garantir o controle sobre as regiões periféricas e fronteiriças.

Mello e Artaxo (2016), atribuem o desmatamento as mudanças do uso do solo na Amazônia e sua heterogeneidade, tanto espacial quanto temporalmente, as diferentes fases de desenvolvimento ocorridas ao longo dos últimos 50 anos na região e relatam que a fase inicial do desmatamento ocorreu durante regime militar (1964 a 1985), período que ocorreu a implantação de programas específicos de desenvolvimento e ocupação da área e crescimento econômico da região, seguido da implantação de grandes projetos de colonização no período de 1980 a 1990, seguido do crescimento do rebanho bovino ocorrido no período de 1994 a 2006 na região e que as atividades pecuárias, a expansão da fronteira agrícola, os investimentos em infraestrutura e a grilagem de terras ainda constituem os principais vetores diretos de desmatamento na Amazônia atualmente.

Os autores Ferreira e Coelho (2015), citam que existem uma correlação entre o desmatamento e a renda esperada das atividades agrícolas, que são desenvolvidas de acordo com as características de cada região, como exemplo, a distância do Estado em relação a um mercado de produtos agrícolas, área de estoque florestal, a população, a densidade populacional, a renda absoluta e per capita, características edafoclimáticas, segundo os autores esses fatores estão diretamente relacionado à intensidade do desmatamento de cada região.

Segundo Becker (2007), a transformação dos espaços Amazônicos estabeleceu-se ao longo do tempo por diferentes ciclos formados por complexas articulações entre distintos atores e agentes envolvidos, muitas vezes motivados pelos interesses econômicos e políticos. Para Arraes et al., (2012), o desmatamento é consequência de políticas públicas visando o desenvolvimento econômico, sem que haja um planejamento eficiente que busque alcançar o

desenvolvimento sem levar em consideração os impactos que podem afetar as gerações futuras e a preservação das florestas.

Como consequência dessa extensão observa-se a degradação da floresta, perda de biodiversidade, redução da ciclagem de água e o aquecimento global, principalmente através das queimadas, pela emissão de gases que contribuem para acelerar o processo do efeito estufa, esses fatores chamaram a atenção da comunidade internacional e contribuíram para que fossem realizadas conferências relacionada às questões ambientais como, por exemplo, a ECO 92 sediado no Rio de Janeiro, na qual participaram representantes de governos de 179 países, sendo assinado durante o evento, o tratado de Convenção sobre Mudanças Climáticas, que tinha como objetivo a redução da emissão de gases que agravam o efeito estufa. Depois do ECO 92 outros eventos aconteceram no intuito de implantar políticas internacionais para redução dos impactos ambientais em âmbito mundial.

Em resposta, o governo brasileiro criou políticas para controlar o desmatamento incluindo regras para o licenciamento agropecuário, a aplicação de Penalidade e o monitoramento por satélite. Em 2004, o governo federal lançou o Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) que combinou ações em três eixos: políticas de comando e controle, ordenamento fundiário e territorial e fomento às atividades produtivas sustentáveis (Casa Civil da Presidência da República, 2004).

As altas taxas de desmatamento na Amazônia no período de 2001 a 2008 segundo dados do PRODES, com média de 18.855 km²/ano, levaram o governo federal a combater o desmatamento na escala municipal. Ainda em 2008, com base na portaria 28/2008 (BRASIL, 2008), o Ministério do Meio Ambiente (MMA) instituiu uma lista crítica de municípios para o combate ao desmatamento ilegal, foram incluídos 43 municípios em uma lista criada pelo governo federal, nesses municípios foram identificado um índice muito alto de desmatamento e foram como municípios críticos e como medida para controle do desmatamento, sofreram sanções econômicas como, por exemplo, a não liberação de crédito rural por bancos e agências públicas de fomento, ações estratégicas de fiscalização e controle com maior frequência, embargo de propriedades rurais e responsabilização da cadeia produtiva. Essas medidas apresentaram resultado negativo, pois a economia desses municípios ficou estagnada, ocasionando a perda de empregos, diminuição na arrecadação tributária promovendo com isso graves consequências sociais.

Assim o governo teve como principal justificativa para a sua atuação no desmatamento o controle e prevenção, pois o desmatamento acarreta diversos problemas ambientais e sociais, como a perda de biodiversidade, o aumento das emissões de gases de efeito estufa e a

diminuição de Territórios de populações tradicionais, sendo implantadas ações de controle e prevenção do desmatamento, realizado pelo ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018).

Após a implantação dessas políticas públicas, observou-se uma redução na taxa de desmatamento anual, que em 2004 era de 27.700 km² para 4.500 km² em 2012, ocorrendo uma queda de 83% em oito anos segundo dados do INPE. Assunção et al., (2012) atribui a esse resultado algumas condições de mercado como a redução do preço de alguns produtos agrícolas contribuíram com essa redução em conjunto com as políticas implementadas a partir de 2004 também tiveram um impacto significativo. Entretanto Barreto e Silva (2010), discordam desse resultado e relatam que o efeito dessas políticas foi inexpressivo ou de curta duração e aponta o mercado como um dos fatores que mais influenciou nas taxas de redução do desmatamento e relata que entre os 1995 e 2007, por exemplo, os preços de mercadorias agrícolas foi o principal responsável por essa variação.

Apesar de todo o esforço para controlar o desmatamento na Amazônia ao longo do tempo vem aumentando gradativamente e variando conforme a mudanças econômicas que se intensificou a partir de 1991 (FEARNSIDE, 2006). Marques et al., (2010), acredita que essa mudança econômica ocorreu com a expansão do rebanho bovino e das áreas de pastagens possui relação com a intensificação da degradação ambiental na Amazônia, juntamente com a exploração de madeiras.

Sabe-se que diminuir o desmatamento é ainda um sonho que depende de muitas variáveis para se tornar realidade. O Brasil tinha projetos para diminuir o desmatamento na Amazônia até 2020 (GREENPEACE, 2015). Entretanto. Percebe-se bem próximo de vencer o prazo proposto pelo governo para alcançar a redução do desmatamento dados do IMAZON, relatam que o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD), identificou que houve um crescimento das dimensões de áreas desmatadas na Amazônia, sendo detectado pelo SAD, 108 km² a mais desmatado em janeiro de 2019, em relação à área desmatada no mesmo período de 2018. Sendo que o estado do Pará representou o maior índice de desmatamento, seguido pelos Estados do Mato Grosso, Roraima, Rondônia, Amazonas e Acre. A maioria do desmatamento identificado ocorreu em áreas privadas e assentamentos (PEDRO, 2019).

Para Silva et al, (2013), o maior desafio referentes aos problemas ambientais na Amazônia é o reconhecimento dos interesses comuns a dos que agem e vivem na Amazônia, tentando equilibrar as ações, no sentido de responder de forma igualitária os interesses desses agentes envolvidos, na busca de otimizar cada vez mais a utilização dos recursos naturais, assim como, uma melhor utilização das áreas desflorestadas pois, a otimização do uso dessas áreas, por meio

de tecnologias mais avançadas, além de conter a expansão do desflorestamento possibilitaria maior produtividade por área cultivada.

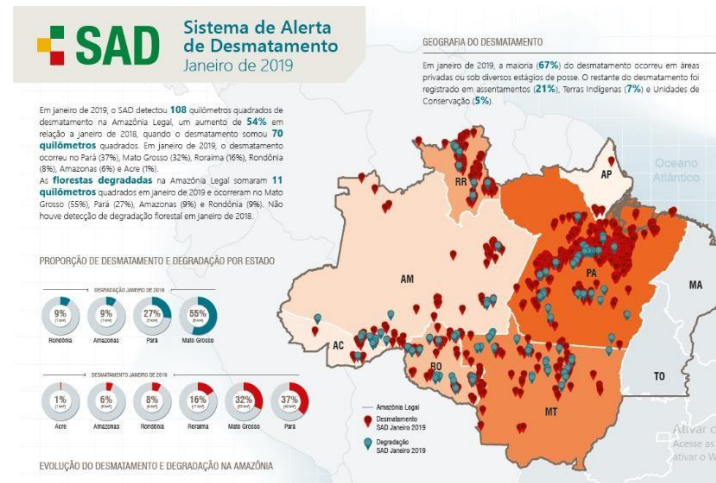
Desmatamento no Estado do Pará

Nos estados da região Norte do Brasil, com maior intensidade no Pará, o arco desmatamento avança sobre as mesorregiões do sudeste e sudoeste paraense até alcançar, a Mesorregião do Baixo Amazonas (IBGE, 2005). O estado do Pará apresenta as taxas de desmatamento mais altas da região Norte. Somente em 2014, o estado apresentou a taxa de 1.829 km² de área desmatada (INPE, 2014).

As Mesorregiões que apresentam maior contribuição nas estatísticas do desmatamento acumulado no estado em 2014 são, respectivamente, o Sudeste Paraense (53,24%), o Nordeste Paraense (18,25%), o Sudoeste Paraense (16,65%), o Baixo Amazonas (8,99%), a Metropolitana de Belém (1,46%) e a de Marajó (1,42%). Salienta-se que, entre as Mesorregiões que proporcionam o maior desmatamento acumulado, a maior variação entre 2000 e 2014, ocorreu na Mesorregião do Sudoeste Paraense, cuja variação foi de 154,7%. Para melhor compreender o processo de desmatamento no Pará, é preciso analisar não só o crescimento da população, mas, sobretudo as dinâmicas econômicas e territoriais que se manifestam no estado. Há relações entre a expansão da pecuária, da lavoura de soja e da mineração com o desmatamento no Pará (VILLELA; BUENO, 2016).

No mês de janeiro de 2019 a maioria do desmatamento haviam ocorrido em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse, correspondendo a 67% do total de área desmatada. O restante do desmatamento foi registrado em assentamentos (21%), Terras Indígenas (7%) e Unidades de Conservação (5%) boa parte para extensão da pecuária, extração de madeira e agricultura. Atualmente, seis das dez unidades de conservação mais ameaçadas pelo desmatamento estão no Pará. Entre elas estão a Área de Preservação Ambiental Triunfo do Xingu e a Floresta Nacional do Jamanxim. As Terras Indígenas mais atingidas pelo crime ambiental da região também estão no Pará. Na Amazônia legal de agosto a novembro de 2018, o desmatamento dobrou em relação ao mesmo período do ano anterior, chegando a 1.463 km² de florestas perdidas. Assim como o desmatamento detectado no mês de novembro de 2018 foi quatro vezes maior do que em novembro de 2017, como pode ser observado no mapa exposto na figura 1 (IMAZON, 2019).

Figura 1 – Mapa dos pontos de maior desmatamento na Amazônia legal.



A partir do cenário descrito acima notasse que a posição em que o Pará se encontra em relação ao desmatamento é bastante delicada, pois tem muito a se repensar sobre combater o desmatamento e pouco sendo feito para frear o mesmo, dentro dessas iniciativas de desacelerar o desmatamento no Estado foi criado o programa chamado municípios verdes que veremos a seguir como ocorreu sua criação e sua atuação frente ao combate ao desmatamento na região onde estão inseridos.

Causas e Efeitos do Desmatamento em Paragominas-PA

Segundo Martins et al. (2013), Paragominas é um município emblemático na Amazônia oriental porque passou pelo rápido processo de ocupação, na década de 1960, e por diferentes ciclos econômicos, incluindo pecuária extensiva, exploração madeireira, e mais recentemente da mineração de bauxita.

O histórico é extenso no que se trata do desmatamento, em janeiro de 2008, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), publica a primeira lista dos municípios amazônicos prioritários para ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento ilegal, um dos pontos principais do governo era diminuir crédito aos produtores rurais, essa restrição do acesso ao crédito foi fortemente sentida em Paragominas, frente a essa situação, a prefeitura junto com as principais entidades da sociedade civil local, tomou a iniciativa de articular uma reação, visando à retirada do município da listagem dos municípios em situação crítica de desmatamento (CARNEIRO e ASSIS, 2015).

A partir desta época o município também ganha destaque como o segundo maior produtor de grãos do estado sendo a soja a alternativa econômica escolhida em substituição à atividade madeireira, devido a sua aptidão para a produção de grãos e valorização do produto no mercado internacional. Assim, após o Decreto Nacional 6.321/2007, com várias medidas contra crimes ambientais, embargos e cortes de financiamento, além de outros projetos como “Operação Arco de Fogo” e “Projeto Paragominas Município Verde”, os produtores locais deram início a um processo de intensificação agropecuária para manter a economia do município, diversificando a produção com lavouras de grãos em antigas áreas de pastagem extensiva e ineficiente e intensificando também o uso das áreas remanescentes de pasto. Essas iniciativas fizeram com que o município fosse retirado da lista dos que mais desflorestavam em 2011. Por esses motivos, Paragominas é um interessante exemplo no estudo do projeto municípios verdes (SIMÕES, 2018).

Para Costa e Fleury (2015), Paragominas, município-piloto do Programa, encontra-se em estado avançado no cumprimento das metas e pode oferecer parâmetros para pensar cenários futuros a partir do avanço do PMV, nos últimos três anos, Paragominas conseguiu importantes indicadores ambientais. Os principais destaques são para a redução do desmatamento, uma vez que o município manteve os 66% da cobertura vegetal que apresentava em 2009 e conta com 5,28% de área em regeneração. Mais de 50% das propriedades encontra-se com a área de reserva legal adequada e o restante está em processo de adequação.

Histórico de Desmatamento em Assentamentos Rurais

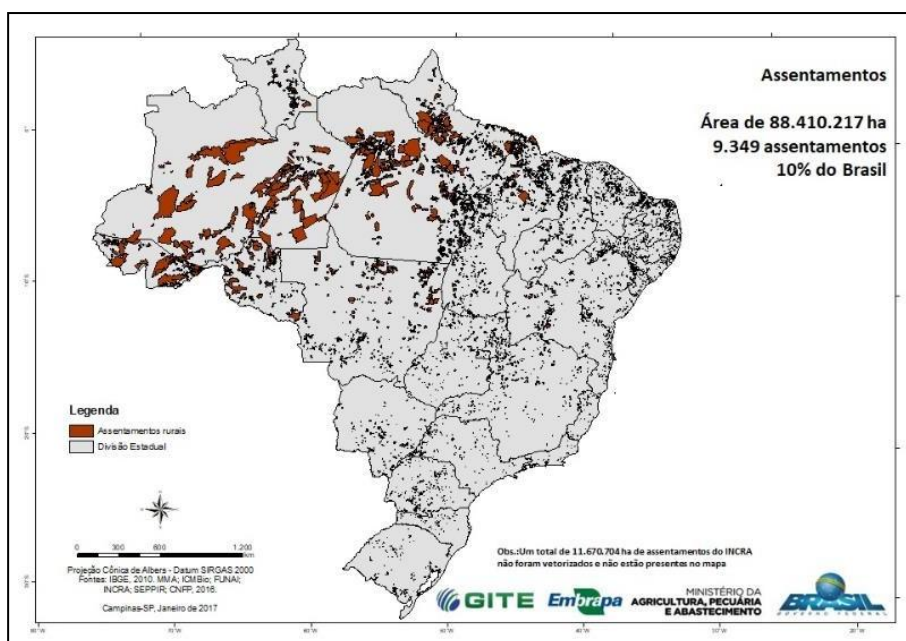
Os assentamentos rurais foram criados por meio de políticas públicas promovido Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), constituída por ações do Plano Nacional de Reforma Agrária (PNRA), iniciando-se no ano de 1987 e se intensificando a partir de 1995, em resposta às pressões sofridas pelo governo de Fernando Henrique Cardoso (FHC) por reforma agrária. A maior criação de assentamentos no Brasil ocorreu no período de 1995-2002, durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, sendo que do total de assentamentos criados cerca de 33% localizavam-se na Amazônia e o Pará é o estado onde mais se criou assentamentos entre 1970 a 2015 (FILOCREÃO; SILVA, 2016).

Segundo Girardi e Fernandes (2008), as áreas utilizadas para implantação dos assentamentos eram áreas de latifúndios, terras devolutas e imóveis rurais onde leis ambientais e trabalhistas eram desrespeitadas, ou seja, eram propriedades que apresentam indicativos de descumprimento da função social da terra, definida no artigo 186 da Constituição Federal de

88. Essas áreas eram ocupadas (invadidas) pelos movimentos socioterritoriais como uma iniciativa encontrada para forçar o governo a cumprir a determinação constitucional, que prevê a desapropriação de terras improdutivas para o uso da reforma agrária.

Segundo dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e de instituições análogas em alguns estados, existiam em abril 2017 9.349 assentamentos agrários no Brasil de diversas naturezas e em vários estágios de implantação, que ocupavam 88.410.217 milhões de hectares, ou seja, 10,4% do Brasil ou 20,5% da área agrícola do país. Em outras palavras, já se destinou para cerca de 970.000 famílias de assentados da reforma agrária (cerca de 5 milhões de pessoas), algo como 20,5% da área agrícola. A distribuição desses assentamentos do Brasil pode ser observada na figura 2.

Figura 2. Mapa das áreas legalmente atribuídas para Unidades de Assentamentos da Reforma Agrária no Brasil até abril de 2017.



Fonte: EMBRAPA (atribuição das terras do Brasil)

Na região Amazônia concentra-se a maior parte da área de assentamentos do país (Figura 2). E segundo Farias et. Al (2018), só no Estado do Pará, existem, atualmente, 1.055 Projetos de Assentamentos Rurais Federais, os quais foram criados e são gerenciados pelo INCRA. Estes assentamentos abrigam 221.804 famílias, ocupando uma área de aproximadamente 16,8 milhões de hectares.

Soares (2017), afirma que os assentamentos rurais na Amazônia, foram criados forma desordenada, sem estrutura física ou assistência aos assentados. Assim como modelo adotado

era incompatível com a realidade da floresta e foram implantados sem estudo prévio dos impactos ambientais que poderia ocorrer, cujas consequências negativas são sentidas e confirmadas até hoje e que atualmente os assentamentos constituem uma das maiores fontes de alertas de desmatamento.

Já Alencar et al., (2016), cita que entre fatores contribuintes para o desmatamento da Amazônia, os Projetos de Assentamento destacam-se como sendo um dos principais, pois somente entre 2011 e 2014, foram responsáveis por um terço do total de área desmatada. Castro e Watrin, (2013) apontam que um dos fatores que causam o desmatamento nos assentamentos rurais é a falta de recursos suficientes para promover a reconstrução da mata nativa, aliados falta de planejamento e orientação técnica para demarcação e a instalação da área Reserva Legal (RL) e da área destinada ao uso, os colonos acabam por manter e muitas das vezes aumenta m esse passivo, geralmente associado aos períodos de ampliação das atividades agropecuárias, cuja intensidade varia de acordo com o local e o período de tempo analisado.

Segundo Soares (2017), ao longo da história da Reforma Agrária na Amazônia, a criação de projetos de assentamento rural, tinha como finalidade dar acesso à terra e aumentar a renda com a produção de alimentos e exploração de recursos naturais. Mas esse modelo produtivo trouxe efeitos negativos ao meio ambiente nas regiões onde foram instalados, gerando impacto sobre a floresta.

O autor relata ainda que na tentativa de conter os impactos ambientais gerados pela implantação dos assentamentos o governo Federal criou a Resolução CONAMA N° 387/2006, que substituiu a Resolução CONAMA N° 289/2001, regulamentando o licenciamento ambiental dos assentamentos rurais de Reforma Agrária, os procedimentos e os prazos necessários, a serem aplicados em qualquer nível de competência. Entretanto, a mesma foi revogada pela Resolução CONAMA N° 458/2013, que dispensa o processo de licenciamento ambiental e o estudo prévio de impacto ambiental para a criação de novos projetos de assentamentos rurais.

Dentre esses instrumentos, está inserido o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que é um registro público eletrônico, de natureza declaratória e obrigatória a ser aplicado a todas as propriedades rurais do Brasil. A função do CAR é gerar informações ambientais sobre os imóveis rurais, de modo a possibilitar o “controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento” em todo território nacional (AZEVEDO et al., 2014). Em relação aos benefícios do CAR aos assentamentos rurais, Barroso e Alencar (2014) relatam que importância para assentamentos rurais está voltada principalmente na garantia jurídica do

cumprimento de normas ambientais e regularização dos imóveis com comprovação por meio de documentação.

Criação do Programa Municípios Verdes como Medida de Controle de Desmatamento

Partindo de premissas de um desenvolvimento sustentável surgiu o programa municípios verdes, criados no ano de 2008 por iniciativa do Fundo Vale (instrumento de ação da empresa Vale nos territórios onde ela atua), o Programa Municípios Verdes (PMV) foi transformado em projeto do governo do estado do Pará em 2011. Onde o mesmo foi pensado como ferramenta para auxiliar os municípios que compunham a lista dos maiores desmatadores da Amazônia, divulgada em 2008, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com o objetivo de criar um “pacto de desenvolvimento sustentável” entre os municípios considerados críticos ao longo do corredor da exploração madeireira e do desmatamento “o arco do desmatamento” (COSTA e FLEURY, 2015).

Segundo Guimarães et al., (2011), um município verde desenvolve atividades produtivas sustentáveis com baixa emissão de carbono e alta responsabilidade social e ambiental. Na Amazônia, o município verde estimula: (i) a governança local para ampla gestão municipal do meio ambiente; (ii) o manejo florestal; (iii) a intensificação da agropecuária e do reflorestamento; (iv) o uso sustentável e a conservação das funções ecológicas das florestas e remanescentes; e (v) a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal (ARL). Além disso, o município define e executa ações de monitoramento local das atividades produtivas e da pressão sobre a floresta como medida efetiva de combate ao desmatamento e promove a inserção de todos os produtores no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e no Licenciamento Ambiental Rural (LAR).

Assim de acordo com Costa e Fleury (2015), inicialmente foram selecionados três dos municípios mais críticos da lista do Ministério do Meio Ambiente. Os três municípios críticos eram Paragominas localizado no nordeste do Pará, São Felix do Xingu e Novo Progresso, ambos localizado no Sudeste do Pará e Paragominas foi o município que aderiu de primeiro e tornou-se modelo no projeto, foi então que o governo inspirado na experiência pioneira do município levou para outros municípios do Estado. O Programa Municípios Verdes (PMV), com o objetivo de reduzir drasticamente o desmatamento e mudar a base na economia rural do Estado que se caracterizava como largamente extensiva e predatória. Até 2014 segundo dados do IMAZON 104 municípios aderiram ao programa e se comprometeram a reduzir o

desmatamento. Entre as estratégias do PMV estão o estabelecimento de bases para uma economia florestal baseada no manejo de florestas nativas e no Pagamento por Serviços Ambientais (PSA); incentivo à agropecuária intensiva e reflorestamento em áreas já desmatadas; regularização ambiental por meio do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e Licença Ambiental Rural (LAR) (IMAZON, 2014).

De acordo com Santos et al., (2016), não existem requerimentos para ingresso no programa, bastando a assinatura de um Termo de Ajustamento de Conduta com o Ministério Público Federal, que abrange sete metas, assim o município signatário se compromete a cumprir, sob monitoramento da coordenação do PMV: 1) A elaboração de pacto local contra o desmatamento que abranja sociedade e governo municipal; 2) A criação de grupo de trabalho municipal visando combater o desmatamento; 3) O monitoramento em campo e a notificação ao PMV dos focos de desmatamento ilegal; 4) Manutenção do desmatamento anual abaixo de 40 km², baseado nos critérios do Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Prodes/INPE); 5) O cadastro de 80% da área municipal no Cadastro Ambiental Rural (CAR), com exceção de terras indígenas e unidades de conservação; 6) A não aparição na lista do MMA de maiores desmatadores da Amazônia; 7) A introdução de noções de educação ambiental na rede municipal de ensino.

Outras metas do programa são retirar os municípios da lista de municípios prioritários para o controle do desmatamento, aumentar a adesão ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) e engajar as prefeituras para que cumpram as metas do PMV. O comitê gestor que assessora o programa é composto por setor privado, prefeituras, órgãos federais, Ministério Público Federal e Estadual, entidades do terceiro setor, além de órgãos do governo paraense (Mídia e Amazônia, 2015). Porém, apesar do cenário descrito acima Santos et al., (2016), cita que muitos municípios entraram no PMV mas não cumprem de fato o programa o usam a participação no programa benefícios supracitados.

Utilização das Geotecnologias no Monitoramento do Desmatamento na Amazônia.

Conhecidas como “geoprocessamento”, as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos se constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão.

Dentre as geotecnologias estão o SIG – Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto por Satélites, GPS – Sistema de Posicionamento Global,

Aerofotogrametria, Geodésia e Topografia Clássica, dentre outros, A geotecnologia, que traz mecanismos fundamentais para o trabalho dos analistas da terra, apresenta os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como a ferramenta computacional para um sistema de Geoprocessamento, permitindo realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas, oferecendo contribuições à sociedade.

Nas últimas duas décadas, tal tecnologia da informação auxiliam nas técnicas de pesquisas referentes ao meio ambiente, portanto facilitam extremamente o uso no monitoramento e controle do desmatamento (NASCIMENTO, 2009).

Segundo Martins e Zanon (2007), o desmatamento acarreta diversos problemas e sua expansão além de alarmar a sociedade é motivo de preocupação, o Brasil, detentor da maior floresta tropical do mundo, é responsável por garantir a proteção da sua biodiversidade e a preservação dos seus serviços ambientais, primordiais para a manutenção da vida. Desta maneira, as geotecnologias podem ser muito úteis para prever as tendências de expansão do desmatamento, bem como para monitorar e garantir a proteção da biodiversidade.

Ainda de acordo Martins e Zanon (2007), no ano de 2004, o INPE divulgou que a estimativa de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira atingiu uma área de 2.313.000 hectares. Este resultado levou o Governo Federal a implementar o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal, através do Ministério do Meio Ambiente, sendo coordenado pela Casa Civil, um esforço em conjunto de diversos Ministérios, no intuito de combater os crimes ambientais tão comuns na região e estimular o desenvolvimento de políticas socioambientais mais sustentáveis para a região Amazônica.

De acordo com o MMA (2015), o processo de desmatamento na Amazônia não é homogêneo e então em 2003 se fez o lançamento do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal onde até 2011 se utilizava para Monitoramento e Controle, o sistema DETER (Projeto de Detecção do Desmatamento em Tempo Quase Real) e ao planejamento integrado da fiscalização, que perdeu sua eficiência devido a maior parte dos desmatamentos encontra-se abaixo do limiar de detecção do DETER.

Nesse contexto no ano de 2015, o eixo Ordenamento Fundiário e Territorial logrou o maior êxito do Plano com a criação de mais de 25 milhões de hectares de Unidades de Conservação federais e homologação de 10 milhões de hectares de Terras Indígenas fazendo com que o DETER fosse responsável pela queda das taxas de desmatamento, principalmente devido a sua eficiência e a agilidade das ações integradas de fiscalização do desmatamento e combate ao crime organizado, realizadas pelo IBAMA, pelas Polícias Federal e Rodoviária Federal, Força Nacional de Segurança Pública e com apoio do Exército Brasileiro.

O processo de monitoramento e controle do desmatamento através das geotecnologias que utilizam satélites com sensores que classificam e agrupam objetos, elementos e eventos em conjuntos levando-se em conta suas propriedades, estes dados são enviada ao SIG que reúne uma série de métodos e técnicas que permitem coletar, identificar, explorar, tratar, processar e analisar dados espaciais, permitindo desse modo que se conheça a estrutura de entes espaciais – os elementos de base cartográfica e elementos temáticos (uso da terra) e a posição de cada um no espaço geográfico. Permite, ainda, a integração entre atributos que podem ser pesquisados em diferentes temas, alimentando o pesquisador de novas informações (CAVARARO, 2013).

O avanço das ferramentas geotecnológicas, como a cartografia assistida por computador, é que o aumento da capacidade de integração de banco de dados, e a capacidade de realização de inúmeras inter-relações de diversas variáveis dentro de ambientes conhecidos como Sistemas de Informações Geográficas (SIG) torna possível a obtenção de resultados com confiabilidade e velocidade sobre os diversos processos ocorridos na superfície (MACEDO, 2009).

Percebe-se que as ferramentas das geotecnologias vem sendo grandes aliadas das ferramentas criadas pelo governo a fim de prevenir e controlar o desmatamento no Brasil, das quais podemos citar o cadastro ambiental rural (CAR) e o controle em tempo real pelos órgãos ambientais do desmatamento. Segundo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Através da análise multitemporal de imagens Landsat TM, o Centro de Sensoriamento Remoto realiza levantamento das áreas desmatadas e de posse destas áreas e de incrementos entre períodos consecutivos são produzidos um Documento Indicativo para a Fiscalização (DIF), economizando desta forma, tempo, recursos financeiros e o trabalho de campo sendo otimizado através do fornecimento aos fiscais de todas as informações posicionais e quantitativas das agressões ambientais por desmatamento e possibilitando maior eficácia no controle do desmatamento (IBAMA, 2019).

Segundo Savian et al., (2014) o uso de geotecnologias passou a ter um importante papel no monitoramento de áreas rurais no Brasil, pois através de análise de imagens de satélite é possível observar as mudanças ambientais e uso do solo ocorridas na área de um imóvel, proporcionando assim auxílio na resolução de problemas ambientais, contribuindo para um melhor gerenciamento de projeto territorial visando à reestruturação fundiária e melhor aproveitamento das áreas de uso alternativo do solo em escala local, regional e global.

Segundo o Ministério de Meio Ambiente, após processamento das informações declaradas pelo proprietário do imóvel no CAR, produto final dessas informações equivalem a uma “radiografia” do imóvel, a qual expõe as formas de ocupação e uso do solo, os

remanescentes de vegetação nativa e os passivos ambientais existente na propriedade rural (BRASIL, 2012).

Maciel e Watrin (2005), dizem que, o sensoriamento remoto refere-se ao conjunto de atividades interligadas com a aquisição, o processamento e a análise de dados coletados por sensores acoplados em plataformas, como aviões e satélites, que estes sensores utilizam a radiação eletromagnética modificada ou produzida pelas propriedades físicas e químicas de alvos relacionados com os recursos naturais e ambientais da Terra, que objetiva estudar o ambiente terrestre, sem que seja necessário entrar em contato físico com os mesmos.

Para Novo (1992), o sensoriamento remoto pode medir as propriedades dos objetos a distância da superfície terrestre. Não entrando em contato direto com alvos de interesse, tendo que confiar nos sinais propagados como, ópticos, acústicos e micro-ondas.

Segundo Câmara et al., (2001), as análises de dados espaciais é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita, incorporando o espaço a análise que se deseja fazer. Dessa forma, percebendo e visualizando a distribuição espacial do problema, traduzindo os padrões existentes com considerações objetivas e mensuráveis.

Segundo Crosta (1993), o processamento digital de imagem é o conjunto de técnicas aplicadas na imagem digitalizada, com a finalidade de manipular seus dados numéricos, dessa forma, corrigiremos distorções das mesmas e melhorar o poder de discriminação dos objetos de interesse.

O sensoriamento remoto está se sobressaindo no assentamento rural como ferramenta para auxiliar na cartografia do espaço terrestre.

Segundo NOVO (1998, p.1):

“Sensoriamento Remoto é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e transformá-lo em forma adequada à extração de informações”

Uso e Cobertura do Solo

De acordo com Rosa (2003), os estudos de uso da terra compreendem a busca completa de informações sobre a sua utilização ou não por parte do homem, a descrição das categorias de vegetação natural que cobre o solo, assim como, suas devidas localizações, consistindo na

forma em que o espaço está sendo utilizado pelo homem. O autor indica que é necessário o acompanhamento e análise da distribuição espacial do uso do solo para que auxilie a discussão do desenvolvimento de certas regiões.

A determinação do uso e cobertura da terra é indispensável para a análise ambiental de uma região, possibilitando a realização de diagnósticos bem circunstanciados e confiáveis, sendo imprescindível na criação de planejamentos e tomada de decisões para uma determinada área. A gestão do território e de uso da terra têm muito impacto sobre os ecossistemas e os recursos naturais. Medidas e ações inadequadas, em relação ao uso da terra, devido à ausência de um planejamento satisfatório, provocam ou intensificam a ocorrência de danos ao meio ambiente (LEAO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2011).

Com o avanço da tecnologia, especialmente no campo do sensoriamento remoto e geoprocessamento, foi lançado no mercado uma gama de meios e aplicativos, concedendo grande parte dos dados para estudos geoespaciais e ambientais (LUCHIARI, 2008).

Vários trabalhos com diversas metodologias de mapeamento de uso terra foram realizados, demonstrando a eficácia da utilização da geotecnologia para mapear a evolução do uso e cobertura da terra, tais como: Coutinho (1997), Escada (2003), Scherer-Warren (2004), Câmara (2005), Leão *et al.* (2007), Florezano (2007), Venturieri *et al.* (2009), dentre outros.

A análise das formas de uso e cobertura do solo necessita ser direcionada para além da simples classificação, devendo estar conduzida para a compreensão da questão do uso do território e suas formas de apropriação, ligando-os ao tempo e espaço (SANTOS; SILVEIRA, 2004). Dessa forma, os estudos de uso e cobertura da terra proporcionam subsídios para análises e avaliações dos impactos ambientais, como os gerados pelos desmatamentos, perda da biodiversidade, das mudanças climáticas, e etc (SANTOS, 1992).

Ao imagear sucessivas vezes a superfície terrestre, os satélites tornam possível, a realização do mapeamento do uso e ocupação do solo através do levantamento e monitoramento das dinâmicas ocorridas no meio físico, a partir da identificação espectral das feições geográficas dos alvos nas imagens orbitais (FLORENZANO, 2007).

Processamento Digital de Imagens (PDI)

O processamento digital de imagens está relacionado com a manipulação de imagens em sistema computacional de forma que a entrada e a saída do processo seja imagens. Esse processamento abrange sucessivas de atividades interconectadas. Depois da captura da imagem

pelo satélite/sensor, esta necessita ser representada corretamente para ser submetida a um tratamento computacional (QUEIROZ; GOMES, 2001).

O primeiro passo efetivo de processamento é comumente conhecido como pré-processamento, o qual envolve passos como a filtragem de ruídos introduzidos pelos sensores e a correção de distorções geométricas causadas pelo sensor (QUEIROZ; GOMES, 2001). Ainda de acordo com os autores, o PDI envolve fundamentos de várias ciências, os quais são comumente requeridos no projeto de um sistema de processamento de imagens.

Classificação Digital de Imagens

A classificação de imagens é um processo de extração de informações que abrange um conjunto de técnicas, que podem ser matemáticas ou estatísticas, e a principal finalidade é automatizar a categorização de todos os pixels de uma imagem dentro de temas ou classes de uso e cobertura da terra (ZHAI et al., 2012).

Os tipos de classificação são divididas em supervisionadas e não supervisionadas. A classificação supervisionada é aquela em que se utiliza de conhecimentos prévios sobre as classes definidas pelo analista, necessitando de amostras homogêneas para treinamento do algoritmo de classificação. Já a não-supervisionada, cada pixel da imagem é associado a uma classe sem que o usuário tenha/necessite de conhecimento prévio sobre a área (REBOUÇAS, 2011).

Na classificação supervisionada, é suposto que o valor dos pixels de determinada classe tem distribuição normal em relação à média e que o padrão de resposta pode ser descrito por um vetor e uma matriz de covariância. Dessa forma, pode ser calculada a probabilidade estatística de um determinado valor de pixel pertencer a uma determinada categoria de cobertura da terra (EASTMAN, 1997).

O algoritmo da Máxima Verossimilhança (MAXVER) é um dos métodos de classificação supervisionada mais utilizados em sensoriamento remoto. É considerado um método tradicional estatístico e utiliza a média e a covariância dos pixels amostrados, calculando a probabilidade de um pixel externo às amostras serem pertencentes a ela (MOREIRA, 2003; VENTURIEIRI, 2007; SANTOS; PELUSIO; SAITO, 2010).

Na classificação MAXVER cada pixel é destinado à classe que tem a mais alta probabilidade, isto é, a máxima verossimilhança. Isso significa que para um pixel na posição x do espaço multiespectral, um conjunto de probabilidades são computadas e que dão as possibilidades relativas do pixel pertencer a cada classe disponível ($p(x|\omega_i)$) (VALE et al.,

2018). De acordo com Richards e Jia, (2006), a classificação de um ponto x é feita conforme descrito abaixo (Equação 1):

$$x \in w_i \text{ se } p(x/w_i)p(w_i) > p(x/w_j)p(w_j) \quad (1)$$

E que a probabilidade $p(x/\omega_i)$ dá a possibilidade de x pertencer à classe ω_i e $p(\omega_i)$ é a probabilidade de a classe ocorrer na imagem, que de fato é conhecida das áreas de treinamento. Tantas quanto forem as classes de treinamento selecionadas, tantas serão $p(x/\omega_i)$.

De acordo com Liotte & Macedo (2000), a classificação substitui a análise visual da imagem por técnicas de identificação automática de feições da cena. Assim, os valores de refletância de cada pixel são agrupados em classes com valores semelhantes. Este agrupamento em classes de padrões de respostas semelhantes envolve a análise de dados multiespectrais e a aplicação de regras de decisão baseadas em estatísticas.

Para ser suficientemente precisa, a classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança (MAXVER) precisa de um número razoavelmente elevado de pixels para cada amostra de treinamento, número esse preferencialmente acima de uma centena, pois permite uma base segura para tratamento estatístico (CROSTA, 1992).

Considerando que N é o número de bandas empregadas na classificação, é recomendado um número mínimo de $10N$ pixels para a amostra de treinamento de cada classe espectral, em que $100N$ é altamente desejável, caso seja possível de ser obtido (SWAIN; DAVIS, 1978; INPE, 2006; CRUZ; RIBEIRO, 2008). Apesar disto, é importante ter em mente que deve ser utilizado o maior número de pixels possíveis para treinamento (SWAIN, 1986). Já a suficiência amostral, deve corresponder de 1,5% a 3% (ou superior) dos pixels da imagem e o total de pixels em cada categoria (EASTMAN, 1997).

Visto que na classificação supervisionada, principalmente na MAXVER, há a necessidade de amostras homogêneas para treinamento do algoritmo, na definição das amostras além de interpretação visual de imagens, também é importante ser considerado o histograma de cada classe para conseguir uma distribuição normal dos pixels, quando existe situações em que é visualmente difícil a delimitação homogênea (MATSUKUMA, 2002; REBOUÇAS, 2011). Também é recomendável os números de 5 a 10 amostras por classe, sendo estes considerados desejáveis para reconhecer as feições terrestres (SILVA; PEREIRA, 2007; PENHA, 2009).

Avaliação da Classificação de Imagens

Geralmente é recomendado que seja adotado algum processo para avaliar a exatidão da classificação, a fim de medir sua eficiência. Para validar a classificação, é necessário o uso de verdades de campo (áreas testadas definidas para avaliar a classificação) que consiste em coletar dados de referência, seja em campo, ou por uma malha de pontos aleatórios sobre a imagem utilizada, ou outra forma que consista no mesmo propósito, com o objetivo de serem utilizados como referência das regiões classificadas, para que posteriormente possam ser comparados com os resultados da classificação (MOREIRA, 2001; RESCK, 2009; FARIA et al., 2015; GANEM, 2017).

São várias as técnicas para avaliar a exatidão da classificação, dentre elas têm-se as técnicas baseadas em matriz de confusão e Índice de Kappa (MOREIRA, 2001; RESCK, 2009; FARIA et al., 2015; GANEM, 2017).

Padrão, Unidade e Definição do Número de Amostras de Validação

Segundo Brites et al. (1996), o padrão de amostragem, em termos espaciais, consiste na maneira como as amostras são coletadas em uma determinada área. Esses padrões são relevantes em sensoriamento remoto, uma vez que podem ocasionar a incorporação de amostras com alta correlação espacial (GANEM, 2017).

Ainda de acordo com Brites et al. (1996), dos padrões de amostragem existentes têm-se: 1) amostragem totalmente casualizada, em que os indivíduos possuem a mesma probabilidade de serem amostrados; 2) amostragem sistemática, em que a amostragem é realizada através de processo probabilístico não casualizado, em que o critério de probabilidade se estabelece por meio de aleatorização da primeira unidade amostral; 3) amostragem sistemática estratificada, que utiliza a amostragem sistemática e estratificada, proporcionando a abrangência de toda a área de interesse e mantém a casualidade.

As unidades de amostragem consistem nas frações do mapa que serão selecionadas para avaliar a precisão. Existem quatro alternativas possíveis para a unidade de amostragem, sendo estas: a) um único pixel; b) um conjunto de pixels (geralmente de 3x3 pixels); c) um polígono; d) um conjunto de polígonos (CONGALTON; GREEN, 1957).

Geralmente, para calcular o número de amostras necessárias para validar a classificação, podem ser utilizadas duas estratégias: a distribuição binomial e a multinomial. O modelo binomial é apenas adequado para gerar o número de amostras necessário para uma única classe,

uma vez que, simplesmente faz a distinção entre a classificação correta e incorreta e não leva em consideração o conjunto de classes analisadas ou mesmo a proporção da maior classe. No entanto, na distribuição multinomial, o processo de validação não é uma questão apenas de certo ou errado, mas o erro deve ser classificado em relação ao total de possibilidades (ou conjunto de classes), de forma que o uso dessa distribuição implica no conhecimento a priori do número de classes (CANDENA, 2011; TORTORA, 1978).

A criação de uma matriz de erros não é simplesmente uma questão de correto ou incorreto (o caso binomial), mas sim uma questão de qual ou quais categorias de erros estão confusas (Tortora, 1978). Portanto, o uso de uma distribuição binomial para a determinação do tamanho da amostra para uma matriz de confusão não é apropriado, mas sim uma distribuição multinomial, uma vez que esta leva em consideração o número de classes. Com base nisso, Congalton & Green (1957) apresentam a Equação 2 para determinação do número de amostras:

$$N = \frac{B \Pi_i (1 - \Pi_i)}{b^2} \quad (2)$$

Onde: **N** é o número de amostras; **B** é obtido de uma tabela de distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade $1-a/k$; **k** é o número de classes; **1-a** é o grau de confiança; Π_i é a proporção da classe com maior área no mapa; e **b** é o máximo erro admissível.

Matriz de Confusão

Segundo Congalton e Green (1957), a matriz de confusão é uma maneira muito eficaz para representar a precisão do mapeamento, indicando sua confiabilidade, porém uma vez que é mal construída, toda análise torna-se insignificante.

A Matriz de Confusão é composta por elementos na diagonal principal que apresentam o número de pixels que foram classificados corretamente (n_{ii}), e elementos fora da diagonal principal que apresentam tanto o número de pixels que foram incluídos de forma errada em uma classe (erro de comissão), como o número de pixels que foram excluídos erroneamente de uma classe (erro de omissão) (CONGALTON; GREEN, 1957; STORY; CONGALTON, 1986). Dessa forma, a matriz de erro mostra o quanto o classificador de imagens confundiu uma classe com outra (CONGALTON; GREEN, 1957; STORY; CONGALTON, 1986). A Figura 3 apresenta um exemplo de uma matriz de confusão.

Figura 3. Matriz de confusão (exemplo matemático).

		j = Columns (Reference)			Row Total
		1	2	k	n_{i+}
i = Rows (Classification)	1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
	2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
	k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
Column Total n_{+j}		n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

Fonte: Congalton e Green (1957).

Diante disto, para construção de uma matriz correta deve ser considerado o padrão, a unidade e número de amostras. Tais fatores concedem informações imprescindíveis para avaliar uma matriz.

Coefficientes de concordância

Continuando com os critérios para construir uma matriz de confusão, a acurácia pode ser obtida através de coeficientes de concordância dela derivados, em que estes podem ser realizados como concordância total ou para classes individuais (FIGUEIREDO; VIEIRA, 2007).

De acordo com Levada (2010), o coeficiente de concordância total mais utilizado, é a Exatidão Global (HELLDEN; STERN, 1980). Entretanto, apenas o seu cálculo não é suficiente, necessitando de índices que consideram a matriz por completo, como os coeficientes de concordância Tau (KLECKA, 1980) e Kappa (COHEN, 1960).

Os coeficientes de concordância por classe avaliam as classes de forma individual. Entre os métodos que mais se sobressaem na literatura, está o Kappa condicional (BISHOP et al., 1975). Já a exatidão do usuário e do produtor, foi introduzida em estudos de sensoriamento remoto por Story e Congalton (1986).

Coefficiente Kappa

Através da Matriz de Confusão, pode-se calcular o índice de Kappa (K), que é um subproduto dessa matriz, que também auxilia na avaliação do classificador. Uma das vantagens do uso do Kappa é de que ele incorpora a informação dos pixels mal classificados, e não apenas dos bens classificados como faz a Acurácia Global (IWAI, 2003).

O Índice Kappa é um método utilizado para avaliar a concordância entre a verdade terrestre e o mapa temático (IWAI, 2003). Esse índice é um dos parâmetros mais eficientes para se quantificar a exatidão de uma classificação de uso do solo (MOREIRA, 2001).

De acordo com Cohen (1960), autor que propôs o índice Kappa, este é uma medida de concordância que fornece uma ideia do quanto às observações se afastam dos valores esperados, fruto do acaso, indicando o quão legítimas são as interpretações, e é calculado com base em uma matriz de erros, bem como, é utilizado como medida de concordância entre o mapa e a referência adotada para a estimativa da exatidão. O cálculo do índice Kappa é expresso pela Equação 3:

$$K = \frac{[n * \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}{[n^2 - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]} \quad (3)$$

Em que **K** é o Índice de exatidão Kappa, **r** é o número de linhas na matriz, **X_{ij}** é o número de observações na linha (**i**) e coluna (**j**), e **n** é o número total de observações. A partir dos resultados, Landis e Koch (1977) associam valores do Índice Kappa à qualidade da classificação de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Qualidade da classificação associada aos valores do Índice Kappa.

Estatística Kappa	Força do Acordo
< 0,00	Pobre
0,00 - 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Justo
0,41 - 0,60	Moderado
0,61 - 0,80	Substancial
0,81 - 1,00	Quase perfeito

Fonte: Landis & Koch, (1977).

Conforme Brites et al. (1996), o índice Kappa é recomendado como uma medida apropriada para avaliar a exatidão porque não representa apenas os valores que se situam na diagonal principal da matriz, mas ela por inteiro, sendo esta uma forma padronizada para reportar erros em locais específicos.

Kappa Condicional

O índice Kappa condicional avalia a acurácia de cada classe e é calculado com base no mesmo princípio do índice Kappa utilizado para a avaliação global da classificação, assim como a interpretação dos resultados obedece aos mesmos princípios (FRANCISCO; ALMEIDA, 2012).

O índice de Kappa Condicional do usuário avalia os erros de comissão, e o Kappa Condicional do Produtor avalia os erros de omissão (ROSSITER, 2004). Os autores Rosenfield e Fitzpatrick-Lins (1986) propuseram o Kappa condicional (K_i) como uma medida de precisão para categoria individual, baseado no índice K de Cohen (1960). O índice pode ser calculado de acordo com a Equação 4.

$$K_i = \frac{N \cdot n_{ii} - n_{i+}n_{+i}}{N \cdot n_{i+} - n_{i+}n_{+i}} \quad (4)$$

Em que: K_i é o Kappa Condicional; N é o número total de amostras; n_{ii} se refere aos elementos da diagonal, ou seja, aqueles classificados corretamente; n_{i+} é o total de elementos classificados para uma categoria i ; n_{+i} é o total de elementos de referência amostrados para uma categoria i .

Coefficiente de Correlação Linear de Pearson

Existe relação entre X e Y ? Essa é uma pergunta recorrente na vida de qualquer pesquisador. Se elas tem algum relacionamento entre si, isto é, se valores altos ou baixos de uma das variáveis implicam em valores altos ou baixos da outra variável, Por exemplo, pode-se verificar se existe associação entre a taxa de desemprego e a taxa de criminalidade em uma grande cidade, entre verba investida em propaganda e retorno nas vendas, etc. (FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009).

O coeficiente de correlação linear de Pearson não tem esse nome por acaso. Ele é atribuído, devido a Karl Pearson, desenvolvedor dessa estatística. Esse coeficiente é uma medida estatística que afere o relacionamento entre duas variáveis X e Y, ele é indicado pela letra r . Em uma frase: o coeficiente de correlação de Pearson há é uma medida de associação linear entre variáveis. Sua fórmula é a seguinte:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right) \quad (1)$$

O coeficiente de correlação pode variar de $-1,00$ a $+1,00$, com um coeficiente de $+1$, indicando uma correlação **linear** positiva perfeita. Neste caso, as duas variáveis serão exatamente iguais em termos de escores padronizados, ou seja, um elemento apresentando um escore padronizado de 2 em uma das variáveis vai apresentar o mesmo escore padronizado na outra variável. Um coeficiente de correlação de -1 , indica correlação linear perfeita negativa, com os escores padronizados exatamente iguais em valores absolutos, diferindo apenas no sinal, No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis (VIALI, 2015).

Entretanto, como valores extremos (0 ou 1) raramente são encontrados na prática, é relevante discutir como os pesquisadores podem interpretar a magnitude dos coeficientes. Dancey e Reidy (2006) apontam para uma classificação, conforme especificado na Tabela 2.

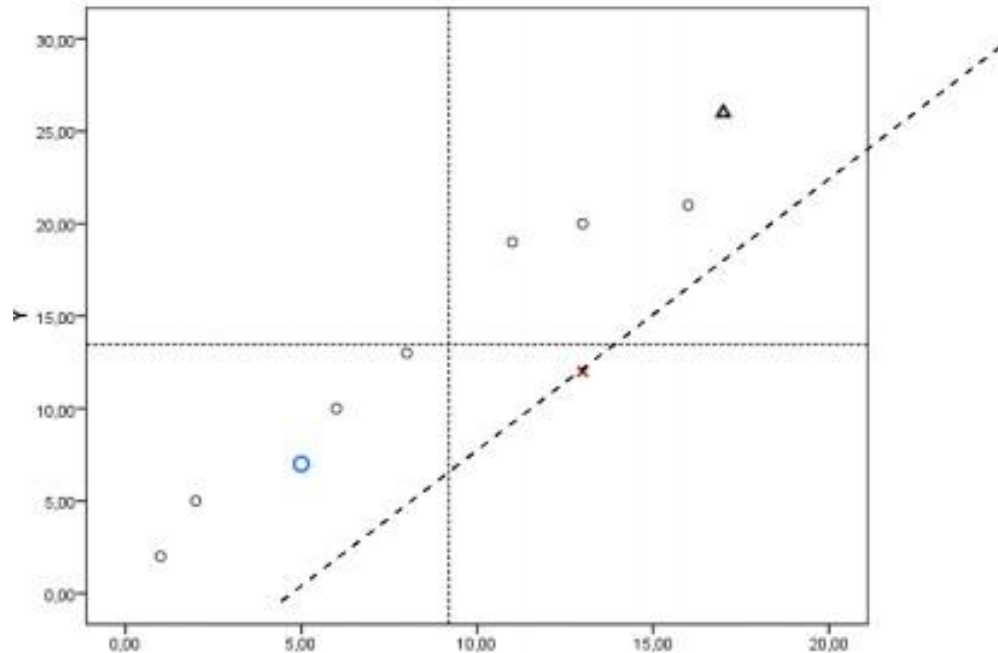
Tabela 2. Valores de referência para o coeficiente de correlação linear de Pearson.

$r_{xy} = -1$	correlação perfeita negativa
$-1 < r_{xy} < 0$	correlação negativa
$r_{xy} = 0$	correlação nula
$0 < r_{xy} < 1$	correlação positiva
$r_{xy} = 1$	correlação perfeita positiva
$0,2 < r_{xy} < 0,4$	correlação fraca*
$0,4 < r_{xy} < 0,7$	correlação moderada*
$0,7 < r_{xy} < 0,9$	correlação forte*

*possui o mesmo significado para os casos negativos ou positivos.
Fonte: Dancey e Reidy (2006).

O gráfico de dispersão abaixo apresenta um exemplo de uma relação linear entre duas variáveis hipotéticas X e Y.

Gráfico 1. Correlação linear entre X e Y.



Fonte: Filho e Silva Júnior, (2009).

De acordo com Viali (2015), temos entre outras as seguintes hipóteses:

- A suposição básica sobre o coeficiente de correlação é que o relacionamento entre as duas variáveis seja linear. Ou seja, o coeficiente de correlação é adequado para avaliar somente o relacionamento linear. As duas variáveis podem estar perfeitamente relacionadas, mas se não for de forma linear o valor do coeficiente pode ser zero ou próximo de zero;
- Uma segunda hipótese é que as variáveis envolvidas sejam aleatórias e que sejam medidas no mínimo em escala de intervalo. Ele não se aplica a variáveis em escala nominal ou ordinal ou quando uma das variáveis é manipulada experimentalmente, pois neste caso, a escolha dos valores experimentais vai influenciar o valor de r obtido;
- Uma terceira hipótese é que as duas variáveis tenham uma distribuição conjunta normal bivariada. Isto é equivalente a dizer que para cada x dado a variável y é normalmente distribuída.

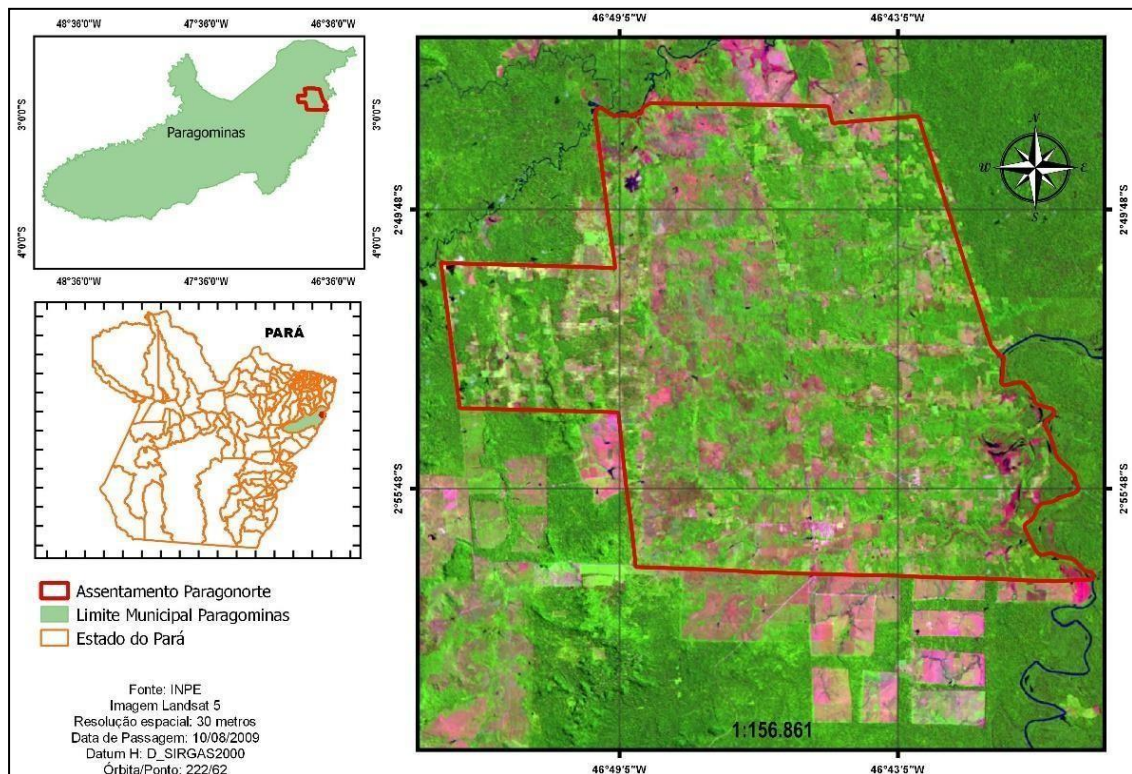
Diz-se que existe correlação entre duas ou mais variáveis quando as alterações sofridas por uma delas são acompanhadas por modificações nas outras. Ou seja, no caso de duas variáveis x e y os aumentos (ou diminuições) em x correspondem a aumentos (ou diminuições) em y . Assim, a correlação revela se existe uma relação funcional entre uma variável e as restantes (CONTI, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da Pesquisa

A presente pesquisa foi desenvolvida no Projeto de Assentamento (PA) Paragonorte que possui área correspondente a 32.101,20 ha, está situado na zona rural do Município de Paragominas, estado do Pará, pertencente à mesorregião do sudeste paraense, situado nas coordenadas geográficas de latitude $02^{\circ}56'50,85''$ S, Longitude $46^{\circ}43'59,51''$ O. A localização da área de estudo pode ser observado na Figura 04.

Figura 4: Mapa de localização do assentamento Paragonorte em Paragominas – PA.



Fonte: Autor (2019).

A geologia do município predomina de solos como o podzólico vermelho-amarelo, gleys e eutróficos e distróficos e solos aluviais estrófico distrófico, terra roxa estruturada eutrófica, latossolo vermelho-amarelo distrófico e solos litólicos distróficos (IBGE, 2007). O clima do município equatorial, quente, úmido e três meses secos (IBGE, 2010).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região de Paragominas-Pará é do tipo Aw tropical chuvoso com estação de seca bem definida, com precipitação pluviométrica média anual variando de 857,8 mm a 2.787,7 mm, temperatura média entre $25,6^{\circ}\text{C}$ e $27,8^{\circ}\text{C}$ (RODRIGUES et al., 2003).

Método da Pesquisa

A pesquisa realizada foi de natureza exploratória, com abordagem qualitativa e quantitativa, pois se buscou informações técnicas para a solução de problemas concreto do cotidiano da população, avaliando as características da cobertura florestal, através das técnicas do geoprocessamento. Outra forma metodológica da pesquisa, foi por meio de levantamento bibliográfico e pesquisa de campo, a fim de levantar o histórico da área estudada e validar informações obtidas por sensoriamento remoto.

Dados Utilizados

A série temporal estudada compreende aos anos 1998, 2008 e 2018, que corresponde a 2 intervalos de 10 anos, cujas imagens dos dois primeiros anos são produtos do satélite Landsat 5, sensor TM, e a do último ano, Landsat 8 sensor OLI, conforme especificado na Tabela 3.

Tabela 03: Quadro de imagens de satélites utilizadas na série temporal.

Satélites	Ano	Órbita/ponto	Bandas	Resolução radiométrica
LANDSAT 05	1998	222/62	3 RED – 4 NIR – 5 SWIR 1	8 bits
LANDSAT 05	2008	222/62	3 RED – 4 NIR – 5 SWIR 1	8 bits
LANDSAT 08	2018	222/62	4 RED – 5 NIR – 6 SWIR 1	16 bits

Legenda: NIR = Near-Infrared; SWIR = Short Wavelength Infrared.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019); dados do USGS (2016, 2017).

As imagens Landsat 5 e 8 foram obtidas no endereço eletrônico <http://earthexplorer.usgs.gov/>. As mesmas foram submetidas por etapas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e técnicas de geoprocessamento necessárias para geração de dados, sendo reprojatadas para o sistema de referência geodésico brasileiro SIRGAS 2000 (UTM, zona 23M). O arquivo shapefile do assentamento rural foi obtido junto ao site <http://acervofundiario.incra.gov.br>, extraindo-se o Assentamento Paragonorte.

As bandas do Landsat 5 possuem resolução radiométrica de 8 bits e as do Landsat 8, 16 bits, assim, foi realizada a conversão destas últimas para 8 bits, para ser compatíveis com os demais produtos do Landsat 5.

Procedimentos metodológicos para análises dos dados

Geoprocessamento para Geração dos Dados

Os arquivos espaciais foram submetidos ao software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) de uso livre, Qgis 3.6.3 Noosa, em que foi realizado todo geoprocessamento necessário para o estudo.

Correção e Conversão de Número Digital para Reflectância (TOA)

As imagens Landsat obtidas, consistem em números digitais (ND) brutos, portanto, foi realizada a conversão de ND para valores físicos de reflectância na parte superior da atmosfera (TOA) para obter melhores resultados (EPIPHANIO; FORMAGGIO, 1988; USGS, 2018, 2019).

A conversão, foi efetuada utilizando os arquivos metadados (MTL) adquiridos juntamente com as imagens, bem como, foram utilizadas as fórmulas presentes no site <https://www.usgs.gov/land-resources/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product> disponibilizadas pelo United States Geological Survey (USGS) para conversão e correção desses produtos:

- Fórmula de conversão de ND para reflectância no Topo da Atmosfera (TOA) sem correção para o ângulo do solo:

$$\rho_{\lambda'} = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \quad (2)$$

Onde:

$\rho_{\lambda'}$ = Reflexão planetária TOA, sem correção para o ângulo solar. Note que $\rho_{\lambda'}$ não contém uma correção para o ângulo do sol;

M_{ρ} = Fator de redimensionamento multiplicativo específico da banda dos metadados (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número da banda);

A_{ρ} = Fator de redimensionamento aditivo específico da faixa dos metadados (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, em que x é o número da banda);

Q_{cal} = Valores de pixel do produto padrão (DN) quantizados e calibrados.

- A fórmula da reflectância do TOA com uma correção para o ângulo do sol é:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'} \cos(\theta_{SZ})}{\sin(\theta_{SE})} \quad (3)$$

Onde:

ρ_{λ} = Reflexão planetária TOA;

θ_{SE} = Ângulo de elevação do sol local. O ângulo de elevação do sol do centro da cena em graus é fornecido nos metadados (SUN_ELEVATION);

θ_{SZ} = Ângulo do zênite solar local; $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$.

Composição RGB

Após a realização da correção/conversão dos produtos Landsat, realizou-se a composição colorida RGB para a criação de uma imagem multiespectral capaz de permitir a identificação dos alvos terrestres e represente o comportamento espectral dos mesmos. Esse comportamento pode ser definido como o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como assinatura espectral (MORAES, 2002).

Portanto, foram utilizadas as combinações 6, 5, 4 para a imagem Landsat 8 OLI e 5,4,3 para o Landsat 5 TM indicadas para análise de vegetação (BUTLER, 2013; USGS, 2016).

Georreferenciamento e Recorte das Imagens Multiespectrais.

Por conseguinte, realizou-se o georreferenciamento das três imagens multiespectrais (anos 1998, 2008 e 2018) através de pontos de controle, que são pontos da superfície terrestre que podem ser perfeitamente identificados tanto no terreno, quanto na imagem de sensoriamento remoto, cujas coordenadas planialtimétricas tenham sido precisamente medidas no terreno (IBGE, 2015).

Os pontos utilizados no georreferenciamento foram obtidos no Banco de Dados Geodésicos do IBGE (BDG), disponíveis no endereço eletrônico <http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>. Com as imagens georreferenciadas, foi realizado o recorte das mesmas, delimitando apenas a área geográfica de interesse (Assentamento Paragonorte).

Classificação das Imagens







Para gerar os dados do estudo, foi selecionada a classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança (MAXVER), conforme a revisão de literatura, dessa forma, faz-se necessária a identificação e definição das classes de uso e cobertura do solo para coleta de amostras de treinamento do algoritmo.

Definição das Classes de Uso e cobertura do Solo

Na classificação supervisionada, o papel do analista na obtenção das amostras de treinamento é muito importante, pois é necessário que haja algum conhecimento prévio da área de estudo para a identificação e definição das classes pertencentes à classificação (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Na identificação e definição das classes de uso e cobertura do solo, foi considerado o conhecimento e a experiência do intérprete sobre a área de estudo, as informações de campo coletadas com visitas *in loco*, a interpretação visual de imagens de satélites, e foram utilizadas as classes e descrições do projeto TerraClass, citadas por Coutinho et al. (2013), o que permitiu a identificação e definição das classes de uso e cobertura do solo para o Assentamento Paragonorte, presentes na Tabela 4.

Tabela 4. Classes de uso e cobertura da Terra no Assentamento Paragonorte nos anos 1998, 2008 e 2018.

Nº	Classes	Descrição	Cor no mapa
1	Floresta	Área de floresta primária, da Amazônia Legal não alterada, também utilizada pelo projeto PRODES.	
2	Vegetação secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas.	
3	Mosaico de ocupações	Áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso da terra e que devido à resolução espacial das imagens de satélite não é possível uma discriminação entre seus componentes. Nesta classe, a agricultura familiar é realizada de forma conjugada ao subsistema de pastagens para criação tradicional de gado; Mista (agricultura familiar, pasto limpo, pasto sujo, regeneração com pasto).	
4	Área urbana	Manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural apresentando adensamento de arruamentos, casas, prédios e outros equipamentos públicos.	
5	Hidrografia	Verticalmente representado por rios, lagos e represas, com presença mandatória de corpos de água com 100% de cobertura; Águas superficiais: 100% de cobertura.	
6	Nuvem e sombra	Área não observada: áreas que tiveram sua interpretação impossibilitada pela presença de nuvens ou sombra de nuvens, no momento de passagem para aquisição de imagens de satélite, além das áreas recentemente queimadas.	

Fonte: TerraClass (site)/Adaptado de Coutinho et al. (2013).

As classes definidas são comuns e visivelmente predominantes na área de estudo e no Município de Paragominas - PA. As cores das classes no mapa temático também foram definidas conforme o projeto TerraClass.

Obtenção das Amostras de Treinamento

Seguindo as literaturas consultadas, foi estabelecida a quantidade de pixels necessária para cada amostra de treinamento (acima de uma centena), bem como, a suficiência amostral (de 1,5% a 3% ou superior) e sua homogeneidade, tanto por imagem como por classe. Dessa forma, foi feita a vetorização dos pixels das imagens a fim de quantificá-los, os quais corresponderam a 356.680 pixels por imagem. Foram amostrados 10.004 pixels em cada imagem, que corresponde a suficiência amostral de aproximadamente 2,8 % por imagem. Para a suficiência amostral de cada classe, considerou-se de 1,5% a 3% ou superior. Os pixels foram amostrados nas 6 classes de uso e cobertura do solo de cada imagem, com amostras cujos polígonos correspondem as dimensões de 10x11 pixels (110 pixels), 13x14 pixels (182 pixels) e 20x21 pixels (420 pixels), distribuídas conforme o número e tamanho de amostras possíveis para cada classe, respeitando a quantidade de 5 a 10 amostras por classe, conforme Quadro 1.

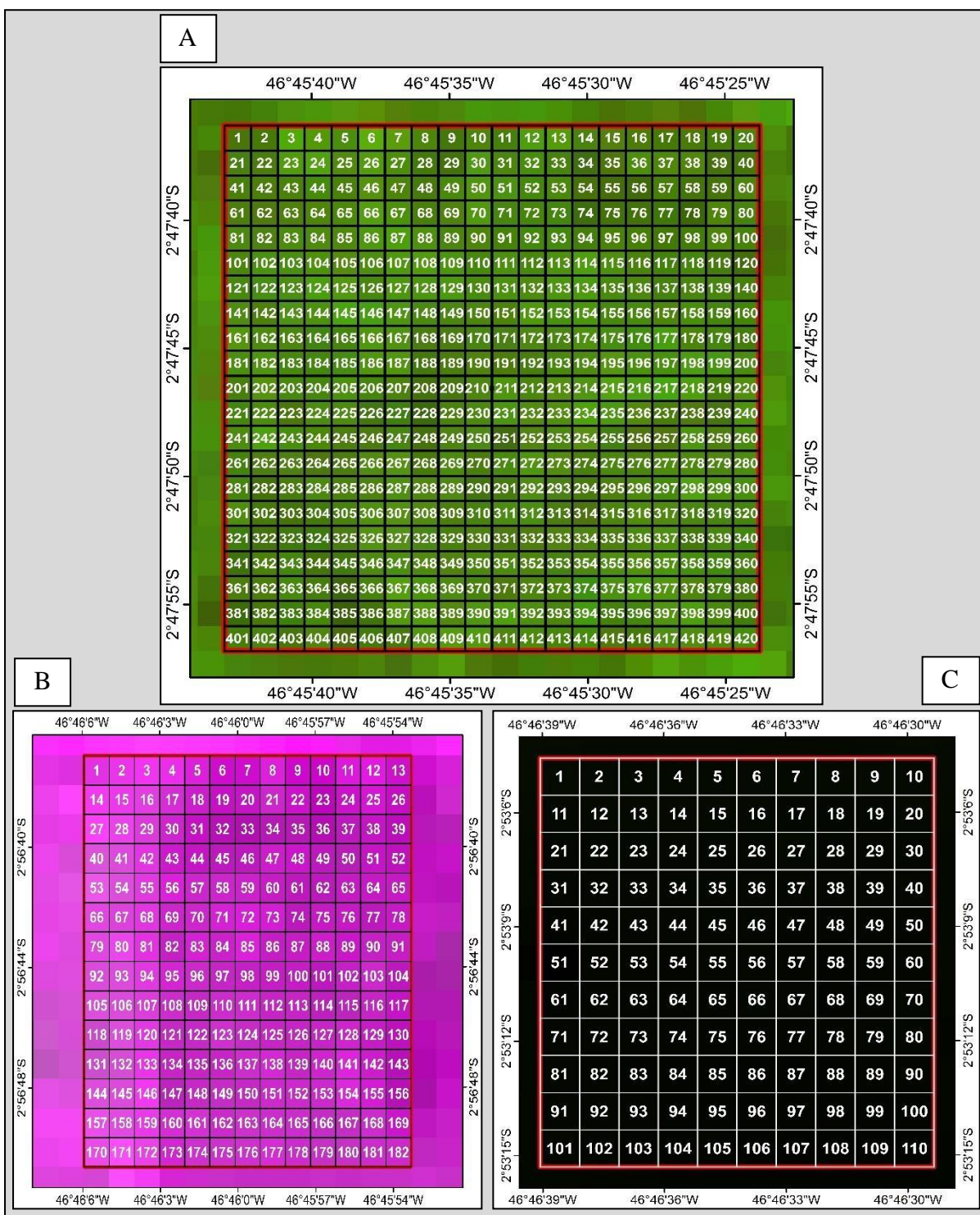
Quadro 1. Amostras de treinamento realizadas para a classificação supervisionada pelo método MAXVER das imagens de satélites dos anos 1998 (Landsat 5), 2008 (Landsat 5) e 2018 (Landsat 8) no Assentamento Paragonorte.

CLASSES		ANO 1998					ANO 2008					ANO 2018				
		AMOSTRAS DE TREINAMENTO					AMOSTRAS DE TREINAMENTO					AMOSTRAS DE TREINAMENTO				
Nº	Nome	Total de pixels na classe	Dimensões da amostra	Total de amostras	Pixels amostrados	% *	Total de pixels na classe	Dimensões da amostra	Total de amostras	Pixels amostrados	% *	Total de pixels na classe	Dimensões da amostra	Total de amostras	Pixels amostrados	% *
1	Floresta	90.846	20x21 pixels	8	3.360	3,70	54.022	13x14 pixels	7	1.274	2,36	24.962	13x14 pixels	5	910	3,65
2	Vegetação secundária	154.814	20x21 pixels	8	3.360	2,17	138.836	20x21 pixels	8	3.360	2,42	144.904	20x21 pixels	8	3.360	2,32
3	Mosaico de ocupações	60.226	13x14 pixels	7	1.274	2,12	134.966	20x21 pixels	8	3.360	2,49	144.811	20x21 pixels	8	3.360	2,32
4	Área urbana	650	10x11 pixels	5	550	84,62	1.418	10x11 pixels	5	550	38,79	756	10x11 pixels	5	550	72,75
5	Hidrografia	646	10x11 pixels	5	550	85,14	1.649	10x11 pixels	5	550	33,35	1.036	10x11 pixels	5	550	53,09
6	Nuvem e sombra	49.498	13x14 pixels	5	910	1,84	25.789	13x14 pixels	5	910	3,53	40.211	13x14 pixels	7	1.274	3,17
TOTAL DE PIXELS EM CADA IMAGEM:			356.680	* Suficiência amostral do total de pixels amostrados em cada classe												
PIXELS AMOSTRADOS POR IMAGEM:			10.004	** Suficiência amostral aproximada do total de pixels amostrados em cada imagem												
AMOSTRAS POR IMAGEM:			38													
SUFICIÊNCIA AMOSTRAL TOTAL (%**) ≅:			2,8													

Fonte: Autor (2019).

A Figura 5 apresenta exemplos de amostras de treinamento coletadas das classes Floresta, Mosaico de ocupações e Nuvem e sombra com dimensões de 20x21 pixels, 13x14 pixels e 10x11 pixels, respectivamente.

Figura 5. Amostra da classe Floresta, dimensões 20x21 pixels, ano 1998 (A); amostra da classe Mosaico de ocupações, dimensões 13x14 pixels, ano 2008 (B); amostra da classe Nuvem e sombra, 10x11 pixels, ano 2018 (C).

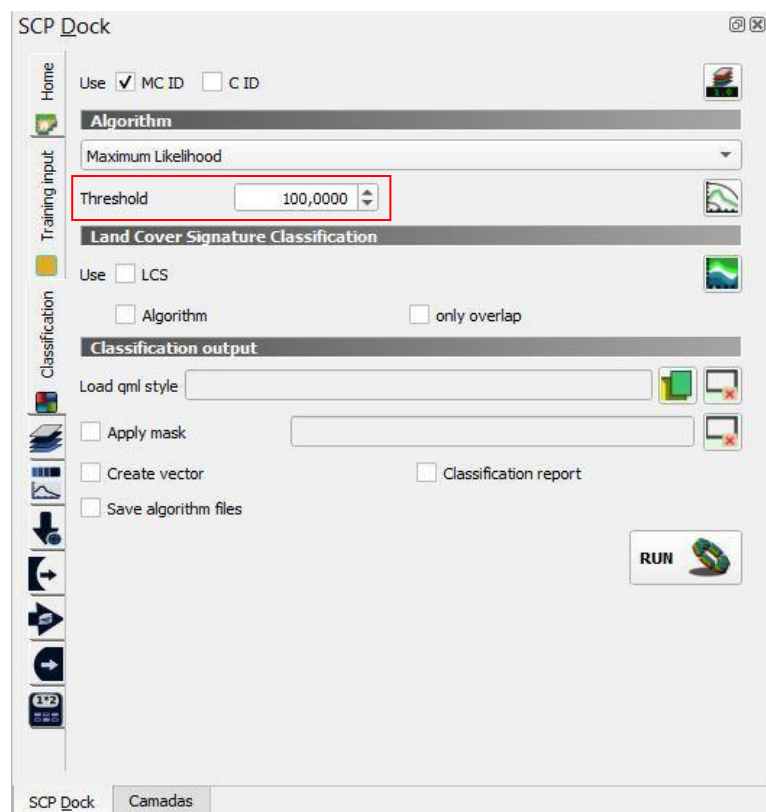


Fonte: Autor (2019).

Após o treinamento do algoritmo, foi realizada a classificação supervisionada pelo método MAXVER. O método classificador pode ser matematicamente ajustado através dos parâmetros próprios de cada método, sendo neste caso, aplicado o limiar de aceitação. Seu conceito é imprescindível para a qualificação correta do resultado final do processo de classificação. Dessa forma, pode ser definido como o percentual de uma distância ou da quantidade de pixels, que será utilizado para refinar a classificação através da rejeição de dados discrepantes, ou seja, com baixa probabilidade de pertencer ao conjunto desejado (CRUZ; RIBEIRO, 2008).

Quanto mais baixo o limiar de aceitação, mais itens são desconsiderados e deixam de ser classificados, no entanto, um limiar de 100% não descarta nenhuma informação por mais duvidosa que possa ser, resultando em uma imagem classificada sem rejeição, ou seja, todos os “pixels” serão classificados (CRUZ; RIBEIRO, 2008; SANTOS; PELUSIO; SAITO, 2010). No processo, foi utilizado o limiar de 100% para a realização da classificação das imagens (Figura 6).

Figura 6. Interface do plugin SCP Dock: Limiar de aceitação (retângulo vermelho).



Fonte: Autor (2019).

Os raster's das classificações foram transformados em arquivos vetoriais, após foi realizada a quantificação das áreas de cada classe nos respectivos anos, sendo possível extrair as informações quantitativas e definir os resultados do estudo, realizando análise temporal através de comparação entre os anos estudados, o que possibilitou a geração de dados de acréscimos e decréscimos em cada classe de uso e cobertura do solo no período estudado. Por fim, os dados gerados foram submetidos ao Excel 2010 para organização dos dados, criando tabelas e gráficos.

Validação das Classificações

Para validar a classificação, foi realizada a avaliação da acurácia dos mapas temáticos gerados, obtendo-se as matrizes de confusão e os respectivos Índices de Kappa para cada ano estudado, de forma geral e por classe (RESCK, 2009; FARIA et al., 2015; GANEM, 2017).

Adotou-se a metodologia chamada de painel amostral que caracteriza-se pela distribuição aleatória de pontos amostrais dentro do limite do assentamento, com o objetivo de se realizar um levantamento das classes de cada ponto (VALE *et al.*, 2018).

Assim, para a obtenção da matriz de confusão, foi gerada uma malha de pontos amostrais de validação, cuja quantidade foi calculada utilizando o método de distribuição multinomina l, que considera o número de classes e a proporção da classe com maior área na classificação (RESCK, 2009; CONGALTON; GREEN, 1957). A unidade de amostragem utilizada para validação foi o pixel, representando os pontos amostrais, ou seja, cada ponto amostral consiste em um pixel.

Diante disto, para a determinação da quantidade de pontos amostrais pelo método de distribuição multinominal, foi utilizada a Equação 2 (CONGALTON; GREEN, 1957):

$$N = \frac{B\Pi_i(1 - \Pi_i)}{b^2} \quad (2)$$

Em que: **N** é o número de amostras; **B** é obtido de uma tabela de distribuição de qui-quadrado com um grau de liberdade 1 e $1 - \alpha/k$; **k** é o número de classes; **α** é o erro admissível; **$1 - \alpha$** é o grau de Confiança; Π_i é a proporção da classe com maior área no mapa; e **b** é o máximo erro admissível. O **B** foi gerado com o auxílio do software Excel, através da fórmula 4:

$$=INV.QUIQUA(probabilidade;graus_liberdade) \quad (4)$$

Na definição do tamanho de todas as amostras de validação, o nível de confiança desejado é de 95%, logo, o erro admissível é 5% ($\alpha = 0,05$); o número de classes utilizadas no trabalho são 6 ($k = 6$). Dessa forma temos: (probabilidade) $P = 1 - 0,05 / 6 = \underline{0,9917}$; (qui - quadrado/Excel) = **IN.QUIQUA (0,9917; 1) = 6,96757291**. Dessa forma, **B = 6,96757291** para as classificações dos anos estudados, e o erro máximo admissível desejado é de **5%** ($b = 0,05$).

Diante disto, para a classificação do ano 1998, temos como a classe de maior proporção a vegetação secundária, ocupando 43,40% da área do mapa ($\pi = 0,4340$), dessa forma o tamanho da amostra será:

$$N = 6,96757291 (0,4340) (1-0,4340) / (0,05)^2$$

$$N = 684,62 \cong \underline{\mathbf{685 \text{ pontos}}}$$

Na classificação da imagem do ano 2008, a classe que apresentou maior proporção também foi a vegetação secundária, representando 38,92% da cobertura do solo ($\pi = 0,3892$), logo temos:

$$N = 6,96757291 (0,3892) (1-0,3892) / (0,05)^2$$

$$N = 662,54 \cong \underline{\mathbf{663 \text{ pontos}}}$$

Novamente a classe com maior ocupação de cobertura do solo foi a vegetação secundária com 40,63% ($\pi = 0,4063$) para o ano de 2018, dessa forma, o tamanho da amostra é:

$$N = 6,96757291 (0,4063) (1-0,4063) / (0,05)^2$$

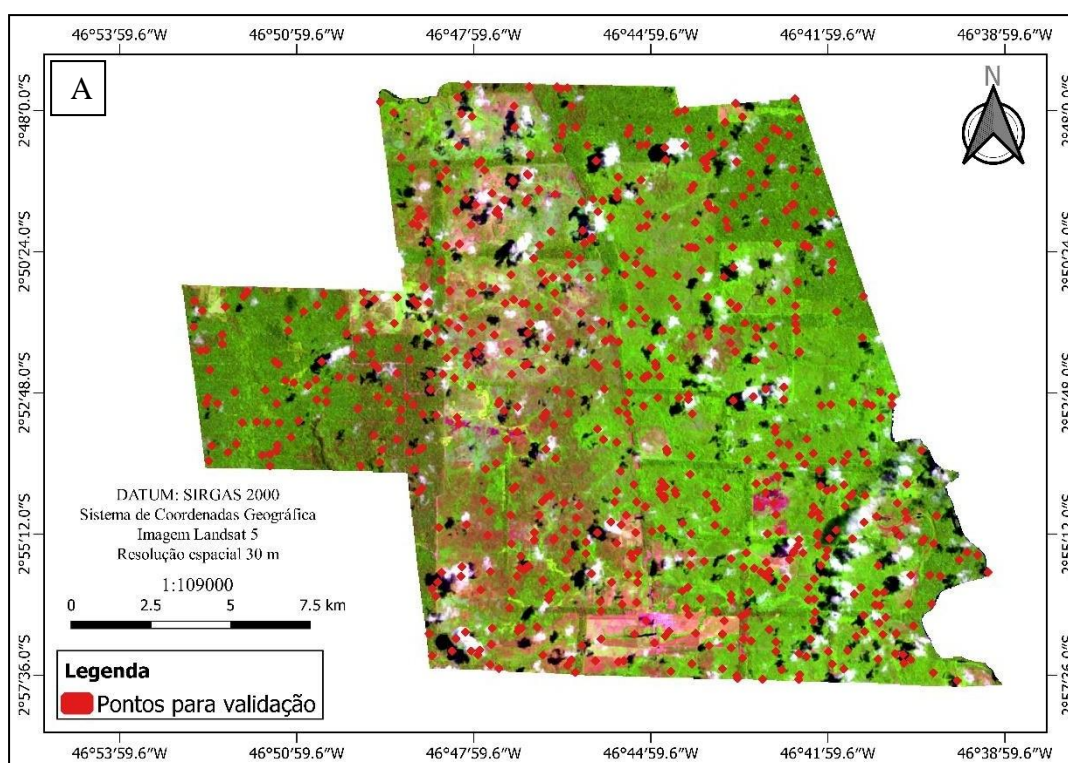
$$N = 672,29 \cong \underline{\mathbf{673 \text{ pontos}}}$$

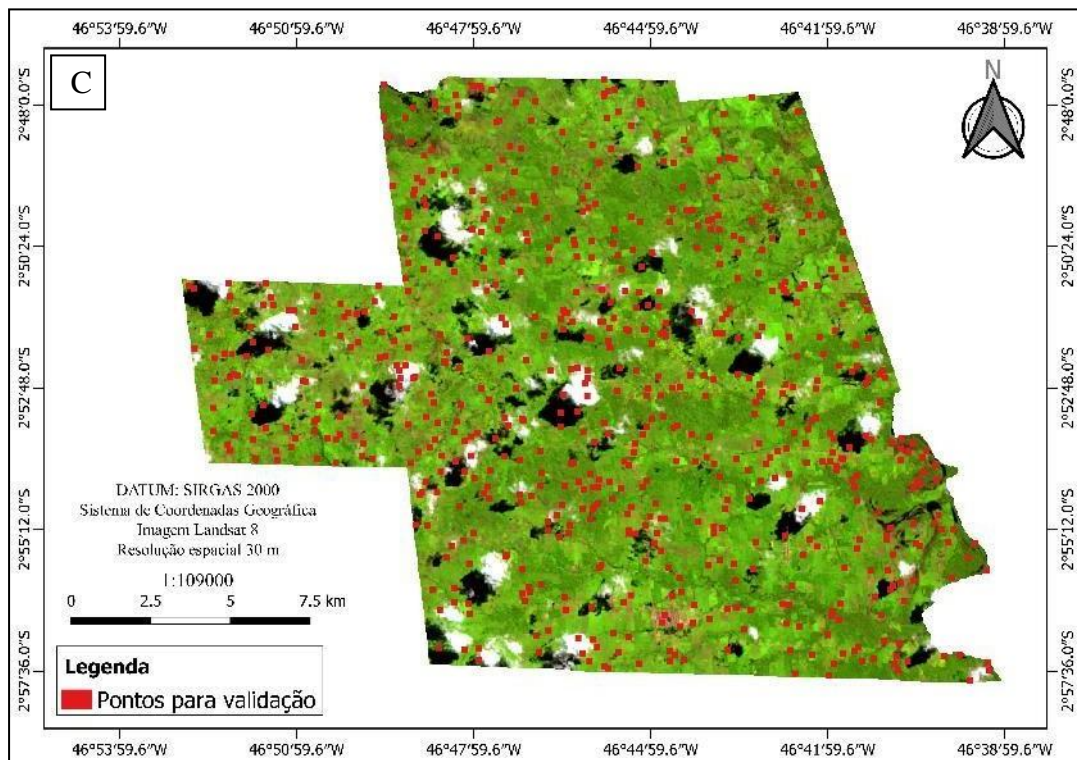
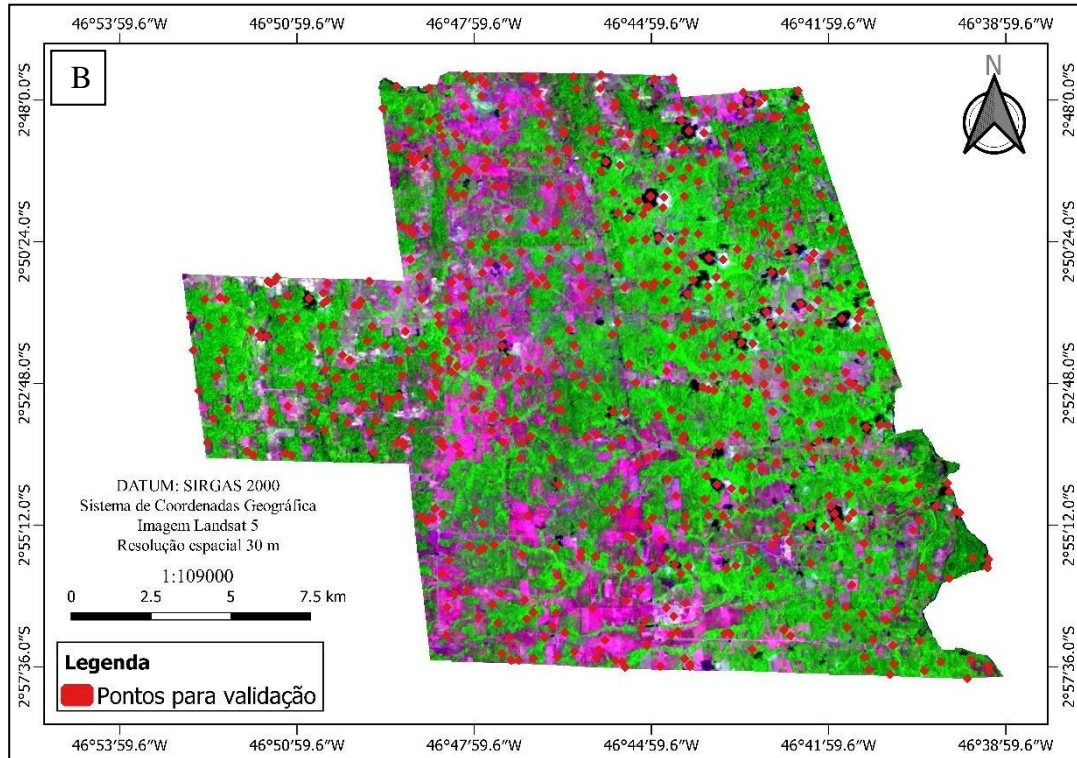
Todos os valores da quantidade de pontos de validação foram aproximados para o maior valor inteiro.

Com a quantidade de pontos amostrais definidas para cada ano estudado, estes foram distribuídos de forma randômica e estratificada (RESCK, 2009), dentro dos limites do assentamento Paragonorte, nas três imagens classificadas dos respectivos anos, utilizando a ferramenta Multiple ROI creation, disponível no plugin Semi - Automatic Classification Plugin do software Qgis 3.6.3 Noosa. Por conseguinte, os pontos foram atribuídos a cada classe de uso e cobertura do solo a que corresponderam.

Na etapa seguinte, as malhas de pontos (com classes atribuídas) foram plotadas sobre as imagens não classificadas e foi realizada a verificação para validar a localização de cada ponto (Figura 7 A, B e C). Através dos valores obtidos nessa verificação, foi possível criar a matriz de confusão e o cálculo do índice Kappa (RESCK, 2009; GANEM, 2017). Este índice foi gerado a partir da matriz de confusão obtida pelo resultado da verificação da localização dos pontos amostrais nas imagens não classificadas, e foi calculado de forma geral e por classes (Kappa geral, Kappa do usuário e Kappa do produtor), conforme a Equação 3 e Equação 4, respectivamente.

Figura 7. Mapa de distribuição dos 685 pontos na imagem do ano de 1998 (A); Mapa de distribuição dos 663 pontos amostrais na imagem do ano de 2008 (B); Mapa distribuição dos 673 pontos no ano de 2018(C).





Fonte: Autor (2019).

Para confirmar o resultado da matriz de confusão e índice de Kappa, os arquivos espaciais dos pontos amostrais e das classificações foram submetidos à ferramenta Accuracy, presente

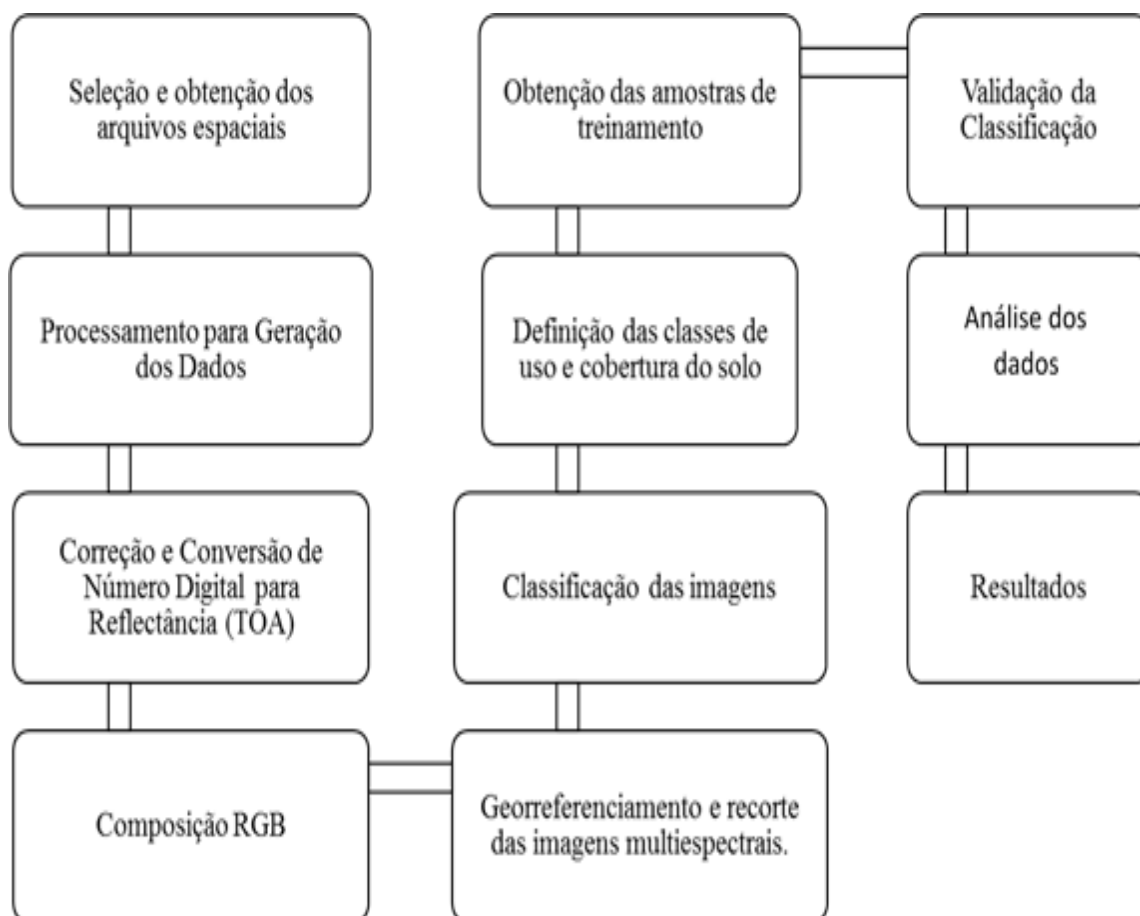
no plugin Semi - Automatic Classification Plugin do software Qgis 3.6.3, sendo obtidos os mesmos resultados dos procedimentos anteriores.

Do número de pontos amostrais definidos para o ano 2018, foi selecionado aleatoriamente 1 (um) ponto para cada uma das cinco classes passíveis de verificação em campo, sendo estas: **Floresta, Vegetação secundária, Mosaico de ocupações, Área urbana e Hidrografia**, consistindo no total de 5 (cinco) pontos aleatórios para a realização de validação em campo. Foi utilizada apenas a classificação da imagem do ano 2018 como referência de validação *in loco*, uma vez que as demais encontram-se defasadas quanto ao uso e cobertura da terra. Para o auxílio da validação, foi utilizada a versão gratuita do aplicativo Avenza Maps para o sistema operacional Android de smartphone, que permite a navegação off-line apenas com o uso do GPS do aparelho em mapas geoespaciais em PDF, GeoPDF, GeoTIFF e JPG, sendo neste caso, gerada uma imagem em GeoTIFF, com as classes do ano 2018 contendo os 5 (cinco) pontos aleatórios para constatação em campo.

Análise de Correlação

Para avaliar o comportamento das classes de uso e cobertura do solo em relação aos anos estudados, bem como, a correlação entre as classes, foram gerados gráficos de dispersão e coeficientes de correlação linear de Pearson com auxílio do software Excel 2010. A correlação no processo de obtenção de informações desse trabalho, faz-se necessária para constatar a interação entre as classes e verificar a influência que a modificação em uma classe gera na outra, e assim chegar ao objetivo da alteração realizada. A correlação também é necessária para verificar a dinâmica das classes em relação aos anos estudados, para entender e conhecer o processo de uso e ocupação do solo após a implantação do assentamento.

Organograma dos Processos Metodológicos Para Análise dos Dados



Fonte: Autor (2019)

Levantamento do Histórico de Uso e Ocupação do Solo da Área de Estudo

Com o intuito de conhecer o processo de ocupação e uso do solo do assentamento Paragonorte, que conseqüentemente gerou diversas alterações na cobertura vegetal, foi realizado um levantamento bibliográfico da área junto ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), bem como, em literaturas disponíveis e entrevistas aos moradores mais antigos.

As literaturas consultadas remontam que em 1970, a área do Assentamento Paragonorte se constituía do imóvel rural denominado de Fazenda Uraim Swift da Companhia Agropecuária do Pará (CAPP), período em que iniciou o processo de ocupação, cuja atividade exercida era a pecuária (MOURA; ROCHA, 2016; PINHO, 2014).

As informações colhidas apontam que por volta do ano de 1989 a Fazenda Uraim Swift foi comprada pelo grupo Casas Especiais de Madeira/CASEMA Comércio Serviços e Construções LTDA (CASEMA), empresa madeireira que criou a Companhia Agroflorestal e

Industrial do Pará LTDA (CAIP), que passou a exercer atividade de exploração de madeira nativa na área, iniciando um novo ciclo de atividades. Mais tarde, por algum motivo a Companhia Agroflorestral e Industrial do Pará passou a se chamar Camper Agroflorestral e Industrial do Pará LTDA (também com sigla CAIP), continuando a atividade madeireira.

O processo de criação do Projeto de Assentamento Paragonorte, teve início em 04 de Junho de 1996, com uma reunião realizada em Belém entre o Ministério Público Federal, FUNAI, INCRA, representantes de comunidades indígenas, representantes dos ocupantes de terras, dentre outros. A pauta da reunião era discutir a ocupação da terra na Reserva Indígena Alto Rio Guamá, em que foi oportunizada a necessidade do levantamento de áreas de grandes propriedades improdutivas nas proximidades da Reserva Indígena (TI), para desapropriação com a finalidade de remanejar ocupantes da TI para esses locais. Entre as áreas citadas estava o imóvel rural da CAIP, por ser considerada uma propriedade grande e desenvolver somente atividade extrativista e, ainda, por ser fronteira à Reserva Indígena (INCRA, 2019; MOURA; ROCHA, 2016; PINHO, 2014).

Por meio do Decreto de 13 de novembro de 1997, a Fazenda CAIP, foi desapropriada por interesse social, para fins de reforma agrária. No mesmo ano, o INCRA com alguns colonos começaram o processo de organização das famílias para reintegrar colonos expropriados da TI para a antiga fazenda da CAIP desapropriada pelo INCRA. Ainda assim os colonos invadiram a área da fazenda sem a permissão do INCRA, dando início ao acampamento (MOURA; ROCHA, 2016; PINHO, 2014).

O Projeto de Assentamento Paragonorte foi criado pela Portaria/INCRA N° 09, de 26 de Fevereiro de 1998, com capacidade de assentar 900 famílias, onde, de início foram assentadas 882 famílias (MOURA; ROCHA, 2016). A partir da invasão e homologação do assentamento, iniciou-se um ciclo de atividades agropecuárias, como agricultura com corte e queima, pecuária com conversão de novas áreas de floresta para pastagens e exploração florestal madeireira de forma convencional.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das Classificações Supervisionadas da Cobertura do Solo Geradas pelo Método MAXVER e da Validação em Campo

Os índices de Kappa gerais obtidos através das matrizes de confusão, variaram de 0,93 a 0,95, indicando que a qualidade das classificações das três imagens é quase perfeita (LANDIS; KOCH, 1977) e que há concordância entre os mapas temáticos gerados e as imagens de satélite utilizadas no estudo.

O Quadro 2 apresenta os resultados da Matriz de Confusão e dos índices de Kappa gerados para a classificação da imagem Landsat do ano 1998. Os índices de Kappa Condiciona l do Usuário (comissão) variaram de 0,85 a 0,98, e o do Produtor (omissão) variaram de 0,93 a 0,98 indicando que embora haja erros de comissão e omissão, as classes apresentam classificação quase perfeita, de acordo com a escala de Landis & Koch (1977). Já o Kappa geral corresponde a 0,95, o que demonstra a confiabilidade dos dados gerados.

Quadro 2. Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 5 do ano 1998.

Classificação Supervisionada	AMOSTRAS DE REFERÊNCIA (VERDADE)						TOTAL	KAPPA CONDICIONAL (USUÁRIO)	KAPA CONDICIONAL (PRODUTOR)
	Floresta	Vegetação secundária	Mosaico de ocupações	Área urbana	Hidrografia	Nuvem e sombra			
Floresta	166	5	0	0	1	1	173	0,95	0,98
Vegetação secundária	3	298	1	0	0	0	302	0,98	0,95
Mosaico de ocupações	0	1	80	1	0	0	82	0,97	0,96
Área urbana	0	0	1	33	0	0	34	0,97	0,94
Hidrografia	0	2	0	0	29	3	34	0,85	0,93
Nuvem e sombra	0	0	1	1	1	57	60	0,95	0,93
TOTAL	169	306	83	35	31	61	685		
KAPPA GERAL							0,95		

Fonte: Autor (2019)

O Quadro 3 apresenta os resultados da validação da classificação do ano de 2008. Os índices de Kappa Condicional do Usuário (comissão) variaram de 0,88 a 0,97, e o do Produtor (omissão) variaram de 0,88 a 0,96, o que demonstra pouca significância dos erros de comissão e omissão, e que a classificação foi quase perfeita. O Kappa geral correspondeu a 0,93, indicando que os dados gerados são confiáveis.

Quadro 3. Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 5 do ano 2008.

Classificação Supervisionada	AMOSTRAS DE REFERÊNCIA (VERDADE)						TOTAL	KAPPA CONDICIONAL (USUÁRIO)	KAPA CONDICIONAL (PRODUTOR)
	Floresta	Vegetação secundária	Mosaico de ocupações	Área urbana	Hidrografia	Nuvem e sombra			
Floresta	84	7	1	0	0	2	94	0,88	0,92
Vegetação secundária	5	244	2	0	0	0	251	0,95	0,94
Mosaico de ocupações	0	3	208	1	0	0	212	0,97	0,95
Área urbana	0	0	3	26	0	0	29	0,89	0,96
Hidrografia	0	0	1	0	31	3	35	0,88	0,94
Nuvem e sombra	1	0	1	0	2	38	42	0,90	0,88
TOTAL	90	254	216	27	33	43	663		
KAPPA GERAL							0,93		

Fonte: Autor (2019)

A validação da classificação do ano 2018, apresenta-se no Quadro 4. Os índices de Kappa Condicional do Usuário (comissão) apresentaram o valor mínimo de 0,86 e máximo de 0,97, e os índices de Kappa Condicional do Produtor (omissão) tiveram o valor mínimo de 0,89 e máximo de 0,97, indicando que os erros de comissão e omissão não foram significativos, mantendo-se na escala de 0,81 a 1 de Landis & Koch (1977) (quase perfeito). O índice de Kappa geral foi de 0,94 (quase perfeito).

Quadro 4. Matriz de Confusão e índices de Kappa para classificação da imagem Landsat 8 do ano 2018.

Classificação Supervisionada	AMOSTRAS DE REFERÊNCIA (VERDADE)						TOTAL	KAPPA CONDICIONAL (USUÁRIO)	KAPA CONDICIONAL (PRODUTOR)
	Floresta	Vegetação secundária	Mosaico de ocupações	Área urbana	Hidrografia	Nuvem e sombra			
Floresta	54	7	0	0	0	1	62	0,86	0,94
Vegetação secundária	3	250	4	0	0	0	257	0,96	0,93
Mosaico de ocupações	0	4	225	1	0	0	230	0,97	0,95
Área urbana	0	0	2	20	0	0	22	0,91	0,95
Hidrografia	0	0	1	0	25	1	27	0,92	0,89
Nuvem e sombra	0	0	1	0	3	71	75	0,94	0,97
TOTAL	57	261	233	21	28	73	673		
KAPPA GERAL							0,94		

Fonte: Autor (2019)

Em relação a validação *in loco* de um ponto amostral em cada uma das classes **Floresta**, **Vegetação secundária**, **Mosaico de ocupações**, **Área urbana** e **Hidrografia**, totalizando 5 (cinco) pontos selecionados de forma aleatória, foi constatado que estes foram plotados dentro de suas respectivas classes, coincidindo com a realidade em campo (Tabela 5).

Tabela 5. Validação em campo do mapeamento de uso e cobertura da terra do Assentamento Paragonorte.






Pontos	Classes TerraClass	Registro fotográfico em campo	Observações em campo
1	Floresta	 <p>Coordenadas geográficas: 02°55'23,37"S e 46°39'43,57"W.</p>	<p>Área de floresta primária, da Amazônia Legal, com presença de indivíduos arbóreos de grande porte; possui dossel contínuo; apresenta clareiras geradas por morte/queda natural de árvores.</p>
2	Vegetação secundária	 <p>Coordenadas geográficas: 02°52'55,66"S e 46°48'14,88"W.</p>	<p>Vegetação secundária em estágio sucessional de regeneração natural; presença de vegetação arbustiva e arbórea; presença de remanescentes florestais.</p>
3	Mosaico de ocupações	 <p>Coordenadas geográficas: 02°52'31,60"S e 46°50'5,80"W (pastagens); 02°53'56,10"S e 46°41'7,28"W (agricultura).</p>	<p>Área de pastagem bem manejada, com baixa infestação de invasoras herbáceas e arbustivas; área de agricultura com consórcio de milho e arroz, típico de agricultura familiar, com presença de tocos e troncos carbonizados indicando corte e queima.</p>

Tabela 5: Continuação.

4	Área urbana	 <p data-bbox="555 633 1091 689">Coordenadas geográficas: 02°56'41,16"S e 46°44'42,04"W.</p>	<p data-bbox="1118 405 1434 568">Arruamentos, praças, casas posicionadas de maneira muito próxima e com distribuição espacial regular.</p>
5	Hidrografia	 <p data-bbox="555 1088 1091 1144">Coordenadas geográficas: 02°56'53,77"S e 46°44'56,82"W.</p>	<p data-bbox="1118 792 1434 1088">Curso d'água natural próximo a núcleo urbanizado; mata ciliar em processo de regeneração natural indicando que houve desmatamento de área de preservação permanente em anos anteriores.</p>

Fonte: Autor (2019)

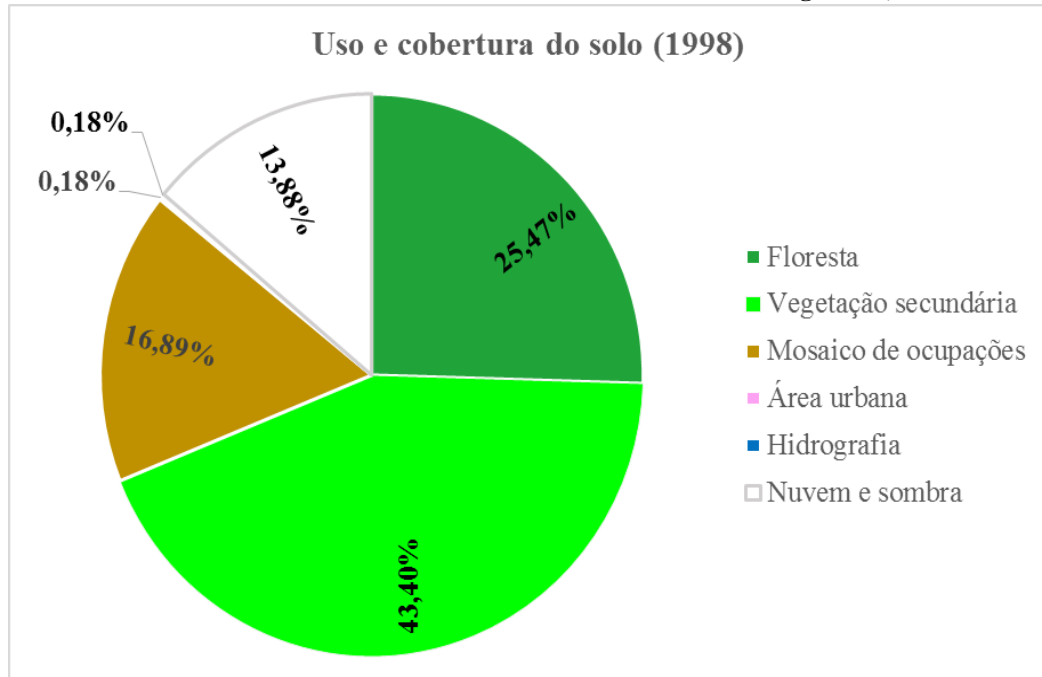
Uso e Ocupação do Solo no Ano de 1998

Conforme se observa no histórico da área em estudo, até a data de criação do assentamento Paragonorte pela Portaria/INCRA N° 09/1998, o local já vinha passando por diversos ciclos de atividades que causaram intervenções antrópicas na vegetação, gerando alterações no uso e cobertura do solo (MOURA; ROCHA, 2016; PINHO, 2014).

Dessa forma, os dados extraídos da classificação supervisionada na imagem Landsat 5, apontam que no ano de 1998 o assentamento tinha apenas 25,47% de sua área coberta por floresta, que é consequência dos processos antrópicos até este ano. A classe que apresentou maior proporção foi Vegetação secundária com 43,40%. Essa classe é bastante representativa das intervenções antrópicas que ocorreram na área, uma vez que anteriormente era exercida a atividade de pecuária, que foi substituída pela extração madeireira no de 1989, dessa forma, as áreas abertas foram abandonadas, entrando em estágios sucessionais de regeneração, formando vegetação secundária. A classe Mosaico de ocupações apresentou 16,89%, indicando que atividades como agricultura ou pecuária eram pouco utilizadas. A porcentagem de ocupação

pela classe Hidrografia foi de 0,18%, indicando pouca intervenção em áreas de preservação permanente (APP), uma vez que a porcentagem de água detectada pelo satélite pode ter sido ofuscada pela presença de vegetação. No ano de 1998 já havia área urbanizada e também representava 0,18% da área do assentamento, visto que já tinha sofrido invasão antes de sua homologação, iniciando um processo de habitação, como apresentado no gráfico 2.

Gráfico 2: Classes de uso e cobertura da Terra do Assentamento Paragonorte, ano 1998.



Fonte: Autor (2019).

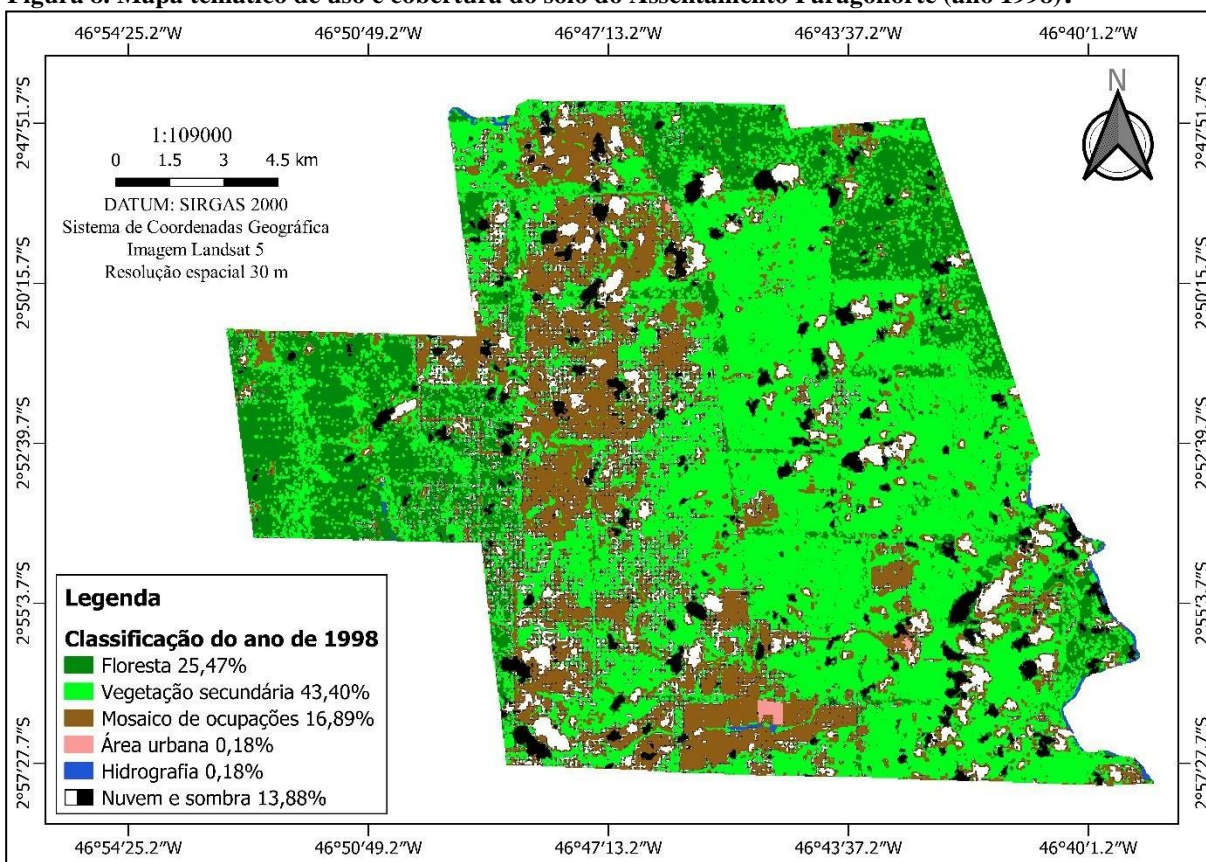
Através dos dados gerados, é possível inferir por meio do somatório das classes Vegetação secundária, Mosaico de ocupações e Área urbana que até o ano de 1998 a área sofreu alterações na classe Floresta em um cumulativo de aproximadamente 60,47%, indicando a supressão de floresta nativa para instalação de atividades ligadas ao uso do solo, como a pecuária, uma das primeiras formas de ocupação executadas pelos pioneiros da área. De acordo com Pinho (2014), até o ano de 1999 o acumulado do desmatamento já compreendia a 69 % da área total do Assentamento Paragonorte, sendo consequência do processo de desmatamento realizado de 1970 a 1999, gerado em função das primeiras formas de uso da terra, como a pecuária desenvolvida pela fazenda Swift e a exploração de madeira realizada pela empresa CASEMA até o ano de 1997.

Os pioneiros da área vieram para Amazônia com incentivos do governo federal, principalmente com os slogans apregoados pelos governos militares em 1966 de "integrar para não entregar" a Amazônia e 1970 de "terra sem homens para homens sem terra", o que gerou

um processo migratório para essa região com apoio ao desmatamento, criando-se uma cultura de desflorestamento e exploração madeireira convencional (FERNANDES, 2011; OLIVEIRA, 1988).

Ao fazer uma análise visual do mapa temático gerado pela classificação MAXVER para a cobertura do solo do ano 1998, é possível verificar uma predominância da classe Vegetação secundária, seguida da classe Floresta (Figura 8).

Figura 8. Mapa temático de uso e cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (ano 1998).



Fonte: Autor (2019).

Observando o mapa temático é possível fazer uma análise visual da área, em que é evidenciado o uso e cobertura do solo ocupado por cada classe dentro da área do assentamento, o que demonstra um panorama da situação da cobertura vegetal. A classe Mosaico de ocupações já se faz presente, embora com pouca expressão, indicando que neste ano já havia agricultura no assentamento, sobretudo na modalidade de roças para sobrevivência das famílias assentadas (MOURA; ROCHA, 2016).

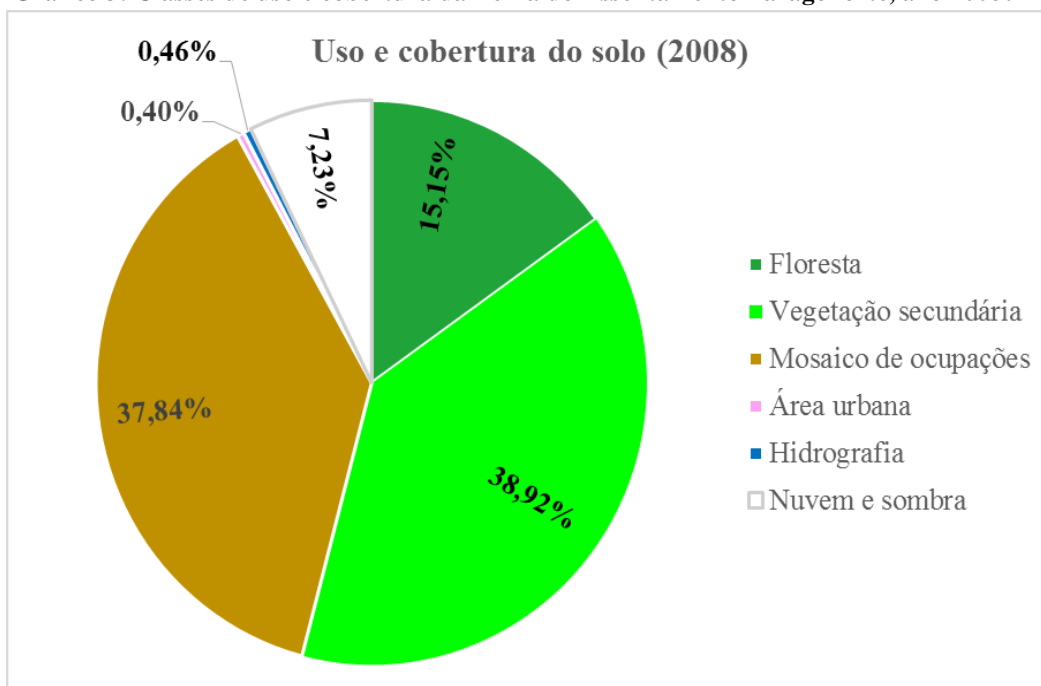
Nesse ano ainda é possível identificar áreas onde ocorreram exploração florestal madeireira, principalmente na parte sudoeste do assentamento, apresentando evidências das atividades exercidas em anos anteriores (FERNANDES, 2011; PINHO, 2014).

Os dados apresentados por Pinho (2014) corroboram a classificação supervisionada realizada para o ano de 1998, tanto com a semelhança da taxa acumulada de desmatamento de 69% em 1999, onde apresenta um acréscimo de 9% em relação à classificação do ano anterior, quanto com as formas de uso do solo realizadas no início da ocupação pelos assentados, evidenciadas com os traços da instalação de infraestruturas como núcleos urbanizados e com pequenas áreas de atividades agropecuárias.

Uso e Ocupação do Solo no Ano de 2008

Observando o gráfico 3, após 10 (dez) anos de criação do assentamento Paragonorte pela Portaria/INCRA N° 09/1998, verifica-se que apenas 15,15% de sua área é coberta por floresta. A classe Vegetação secundária também diminuiu, ocupando apenas 38,92%, no entanto, manteve-se predominante. Em contrapartida, Mosaico de ocupações aumentou sua proporção de cobertura dentro do assentamento, chegando a 37,84%, dessa forma, houve acréscimo na área de uso do solo para as atividades de agricultura e pecuária. A área ocupada por água agora corresponde a 0,46%, evidenciando que houve alterações na cobertura vegetal de áreas de preservação permanente. A área habitada teve aumento, chegando a 0,40% da área do assentamento.

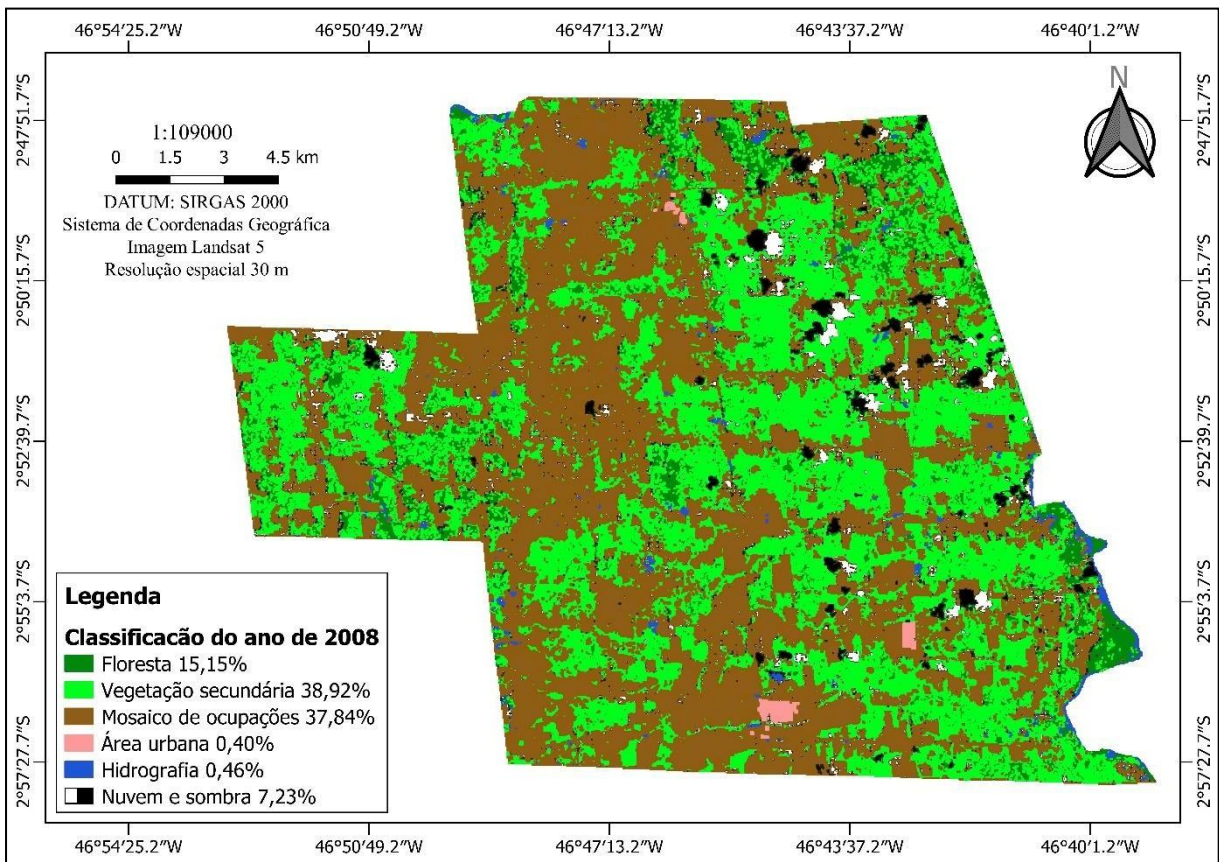
Gráfico 3: Classes de uso e cobertura da Terra do Assentamento Paragonorte, ano 2008.



Fonte: Autor (2019).

Quando se analisa a figura 9, é possível perceber as áreas de uso efetivo do solo no ano de 2008 (Mosaico de ocupações e Área urbana), verificando-se que estas já se encontram bem distribuídas dentro do Assentamento Paragonorte, algumas com limites bem definidos, o que é bem característico de atividade de pecuária e agricultura.

Figura 9. Mapa temático de uso e cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (ano 2008).



Fonte: Autor (2019)

Não é possível observar visualmente o predomínio da classe Vegetação secundária por toda área do assentamento, uma vez que, o aumento significativo da classe Mosaico de ocupações mitigou essa predominância, sendo menos expressiva. Na análise visual é possível perceber o efeito da criação do assentamento na cobertura florestal, sendo nítido que a área não apresenta mais um contínuo florestal. A floresta concentra-se principalmente nas bordas do assentamento, especialmente próximo de corpos d'água.

Os dados gerados apontam que o desmatamento foi muito expressivo, ratificando o contexto nacional da época, uma vez que foi em 2008 que o Ministério do Meio Ambiente (MMA) incluiu os projetos do INCRA na lista dos maiores desmatadores da Amazônia, sendo

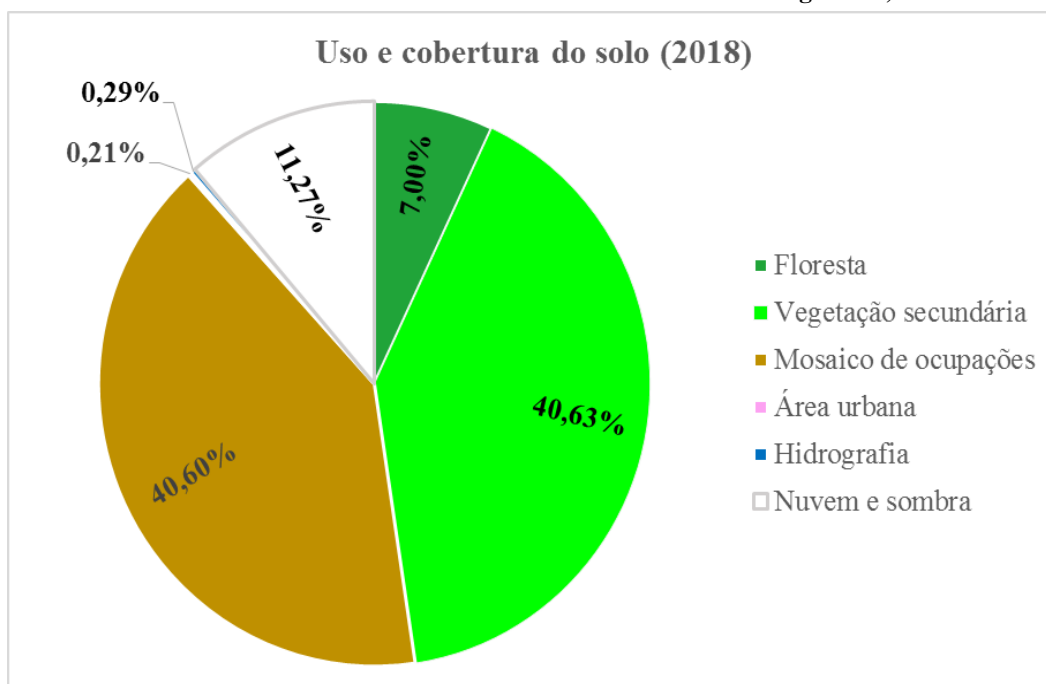
também o ano em que Paragominas foi inserida na lista dos 43 municípios que mais desmatavam essa floresta (BRASIL, 2008; TOURNEAU; BURSZTYN, 2010).

Em relação a esse cenário de Paragominas, Silva et al. (2011) evidencia que a classe Floresta apresentou decréscimo significativo do ano 1991 ao 2008, saindo de aproximadamente 77% para 45% da área total do município. Tal redução provocou o aumento de outras classes, como agricultura e pecuária. Nesse contexto, Osis, Laurent e Pocard-Chapuis (2016), apontam que nos assentamentos de Paragominas, esses decréscimos consistiram nas transições de aproximadamente 35% das áreas de floresta para pasto/agricultura no período de 2004 a 2013.

Uso e Ocupação do Solo no Ano de 2018

De acordo com os resultados apresentados na classificação do ano de 2018, o Assentamento Paragonorte já com 20 anos desde a sua criação, está com apenas 7,00% de área de floresta. A classe Vegetação secundária apresentou um leve aumento, chegando a 40,63%. Quanto à classe Mosaico de ocupações, também teve acréscimo pouco considerável, ocupando 40,60% da área do assentamento, entretanto, manteve-se crescente. A área urbanizada reduziu para 0,21%, indicando êxodo rural. A visibilidade da classe hidrografia também reduziu para 0,29%, apontando abandono das áreas de preservação permanente, cuja vegetação entrou em processo de regeneração natural cobrindo a superfície da água (gráfico 4).

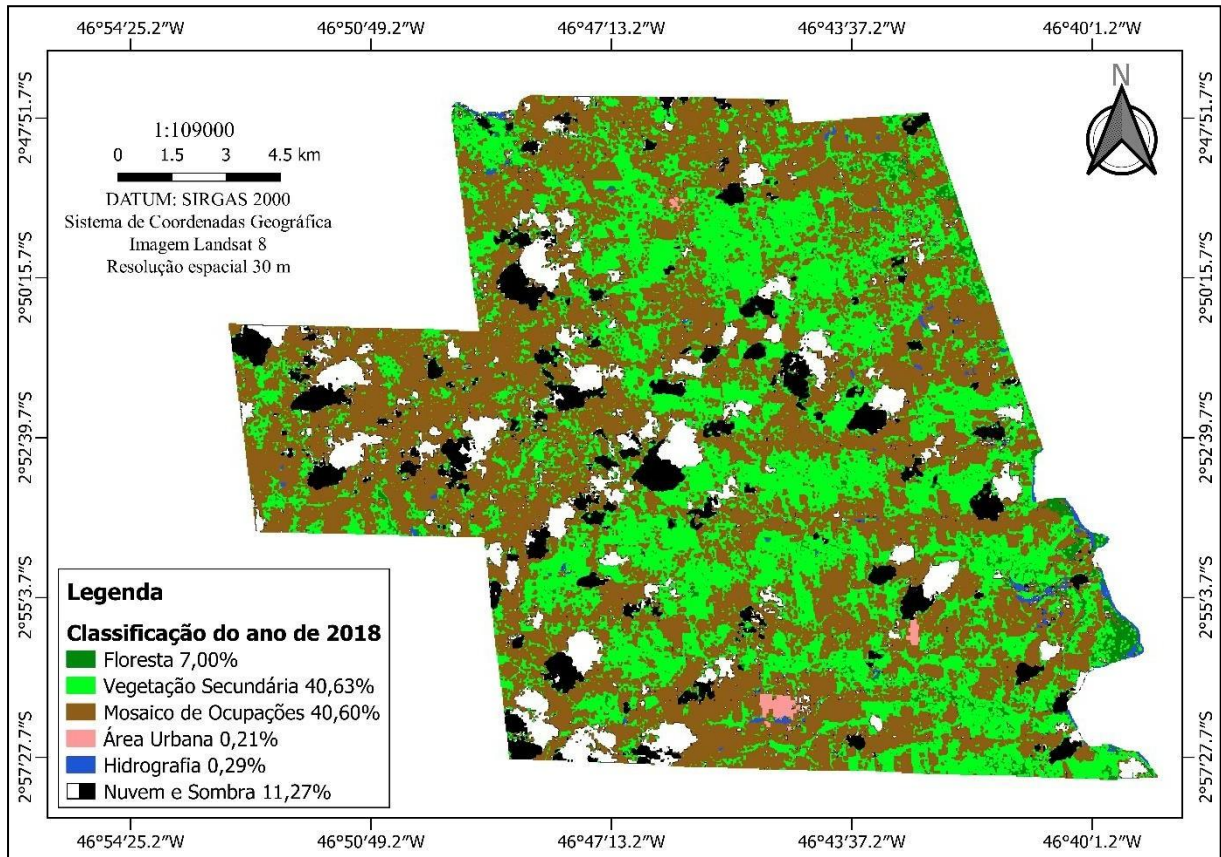
Gráfico 4: Classes de uso e cobertura da Terra do Assentamento Paragonorte, ano 2018.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 10 apresenta o mapa temático gerado pela classificação supervisionada. Verifica-se que embora a Vegetação secundária apresente maior proporção entre as classes, não apresenta dominância, pois é ofuscada pela presença de Mosaico de ocupações, que agora se apresenta em proporções semelhantes e melhor distribuída dentro assentamento, tornando-se mais evidente, bem como, todas as classes de uso e cobertura do solo estão mais definidas.

Figura 10. Mapa temático de uso e cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (ano 2018).



Fonte: Autor (2019).

É possível perceber que a floresta mantida no assentamento corresponde às áreas de difícil acesso, tais como altas declividades e margens de corpos d'água pouco acessíveis que possuem áreas de várzea, que compreende a áreas não agricultáveis. Tal fato é bem evidenciado, uma vez que as áreas florestais presentes no assentamento estão concentradas em sua maioria às margens do Rio Uraim e Rio Gurupi que encontram-se nos limites do assentamento.

A redução de área de floresta constatada no ano de 2018 também se mostrou considerável, mantendo o ritmo dos anos anteriores. Nesse ano, o somatório das classes Mosaico de ocupações e Área urbana chega a 40,81%, tornando a área de uso do solo a maior taxa de cobertura do Assentamento Paragonorte. Amorim, Vidal e Mello (2018), também

observaram um comportamento semelhante no Assentamento 26 de Março, Município de Marabá, estado do Pará, onde a área de uso do solo representou 62,76 % do assentamento no último ano estudado. Para Brandão Jr. e Souza Jr. (2006), embora as áreas em que os projetos são instalados possam ser antigas fazendas, já com certo nível de desmatamento, constata-se sempre um surto de desflorestamento após a sua criação, evidenciado por taxas anuais muito elevadas.

Em setembro de 2018, o Sistema de Alerta de Desmatamento do IMAZON, detectou um aumento de 84% (444 km²) no desmatamento na Amazônia Legal em relação a setembro de 2017. A maioria (58%) do desmatamento ocorreu em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse. Os demais desmatamentos foram registrados nos assentamentos de reforma agrária (24%), Unidades de Conservação (14%) e Terras Indígenas (4%) (FONSECA et al., 2018). Ante essa informação, verifica-se que embora a taxa de desmatamento em assentamentos não corresponda a maior da região amazônica no ano 2018, ainda é significativa, principalmente ao se considerar o tamanho da área desmatada, e de acordo com as taxas de desmatamento observadas neste estudo, o Assentamento Paragonorte está contribuindo com esse computo de desflorestamento.

Análise da Dinâmica de Uso e Cobertura do Solo do ano 1998 a 2018

O monitoramento de uso do solo e da redução da vegetação pode ser feita com análises multitemporais de áreas, gerando informações sobre o uso e cobertura do solo (CORREA, 2013). A partir das classificações realizadas para cada imagem de anos diferentes, através da análise multitemporal, foi possível identificar e quantificar as áreas que foram desmatadas na área de estudo.

Os dados extraídos das classificações supervisionadas foram capazes de caracterizar o uso e cobertura do solo do Assentamento Paragonorte ao longo dos anos estudados, onde na tabela 6 são apresentados os dados gerados, sendo expressos em hectares e porcentagens. Tais dados repassam as informações das áreas ocupadas por cada classe de cobertura do solo no período analisado, possibilitando o conhecimento da dimensão das modificações ocorridas através da comparação entre os anos.

Tabela 6. Dados gerais das classificações supervisionadas do uso e ocupação do solo ao longo de 20 anos.

CLASSES	ANO 1998		ANO 2008		ANO 2018	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Floresta	8.176,14	25,47	4.861,98	15,15	2.246,58	7,00
Vegetação secundária	13.933,26	43,40	12.495,24	38,92	13.041,36	40,63
Mosaico de ocupações	5.420,34	16,89	12.146,94	37,84	13.032,99	40,60
Área urbana	58,50	0,18	127,62	0,40	68,04	0,21
Hidrografia	58,14	0,18	148,41	0,46	93,24	0,29
Nuvem e sombra	4.454,82	13,88	2.321,01	7,23	3.618,99	11,27
Área total do assentamento (ha)						32.101,20

Fonte: Autor (2019).

No ano de 1998 o assentamento contava com 8.176,14 hectares de floresta, reduzindo para 4.861,98 ha e 2.246,58 ha em 2008 e 2018, respectivamente. A área de vegetação secundária sofreu poucas modificações ao longo dos anos, no que diz respeito ao quantitativo de área ocupada. Em contrapartida a classe Mosaico de ocupações em 1998 compreendia a 5.420,34 ha, chegando a 13.032,99 ha no último ano estudado, devido sobretudo à agricultura de corte e queima aliada à pecuária, que é predominante em áreas de assentamentos rurais tradicionais do INCRA.

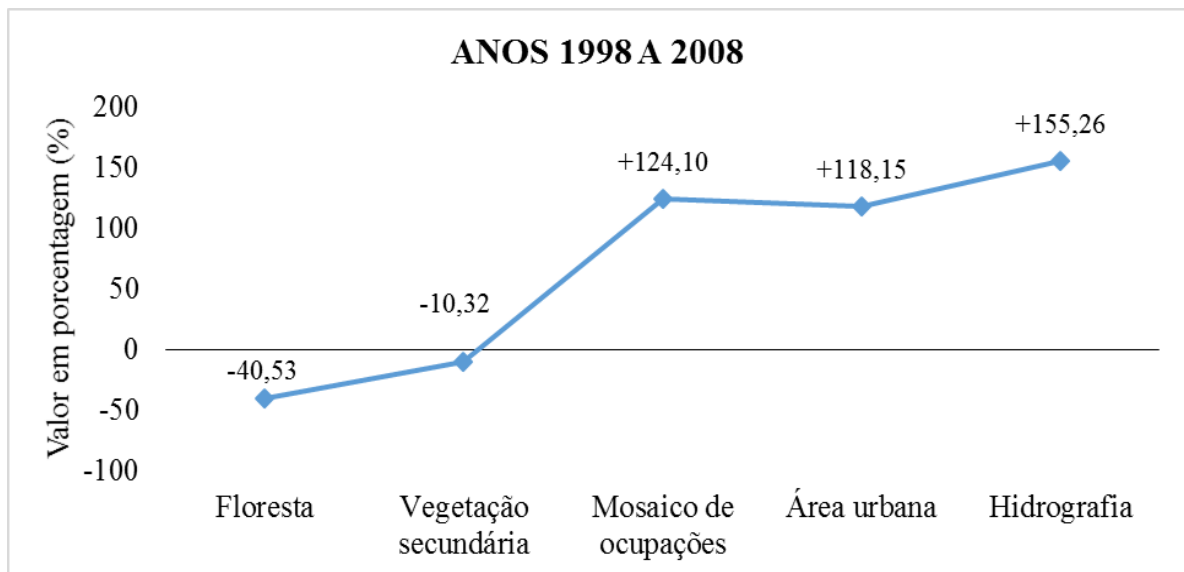
A classe Hidrografia no primeiro ano estudado tinha 58,14 ha, aumentando para 148,41 ha em 2008, reduzindo para 93,24 ha no último ano analisado. Esse comportamento também aconteceu com a Área urbana, que tinha 58,50 ha em 1998, 127,62 ha no ano de 2008 e 68,04 ha em 2018. No primeiro caso, houve a retirada da vegetação ciliar de 1998 a 2008, principalmente para ter acesso aos recursos hídricos, seja para consumo próprio ou para as atividades desenvolvidas, e posteriormente foram abandonadas entrando em processo de regeneração. No segundo caso, aconteceu um processo de êxodo rural, em consequência principalmente da falta de sustentabilidade da agricultura de corte e queima que vai perdendo produtividade ao longo dos ciclos.

A dinâmica que ocorreu nos períodos estudados, está bem representada nos gráficos 5, 6 e 7, onde são demonstradas as alterações ocorridas em cada classe de cobertura do solo entre os períodos analisados, e o cumulativo de desmatamento do primeiro ao último ano estudado, em que os valores negativos indicam decréscimos e os valores positivos indicam acréscimos.

O gráfico 5 demonstra que houve um acréscimo considerável da classe Mosaico de ocupações do ano 1998 ao ano 2008, compreendendo a 124,10% (+6.726,60 ha), o que é muito expressivo. Na classe Área urbana, também ocorreu acréscimo de forma expressiva, que chegou a 118,15% (+69,12 ha). Tais acréscimos resultaram no aumento de 124,04% da área de uso

efetivo do solo do assentamento. Em contrapartida, houve a redução da área de Floresta em 40,53% (-3.314,16 ha) e da área de Vegetação secundária em 10,32% (-1.438,02 ha), indicando que essas alterações na cobertura vegetal consistiram na conversão dessas áreas em uso do solo, gerando acréscimos nas classes Mosaico de ocupações e Área urbana.

Gráfico 5. Dinâmica das classes de cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (1998-2008)



Fonte: Autor (2019).

Nesse período vigorava o antigo Código Florestal, Lei 4.771/1965, que estabelecia o percentual mínimo de 80% de reserva legal nos imóveis rurais. Também estava em vigor a Lei de Crimes Ambientais, 9.605/1998, e o Decreto Federal 3.179/1999 (regulamentava a lei), cujas sanções administrativas do decreto são de multa que variam de R\$ 100,00 (cem reais) a R\$ 300,00 (trezentos reais), por hectare no caso de exploração florestal madeireira em área de reserva legal ou fora dela, sem aprovação prévia do órgão do órgão ambiental. Também é previsto no decreto, multa correspondente a R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) por hectare por desmatar área de reserva legal.

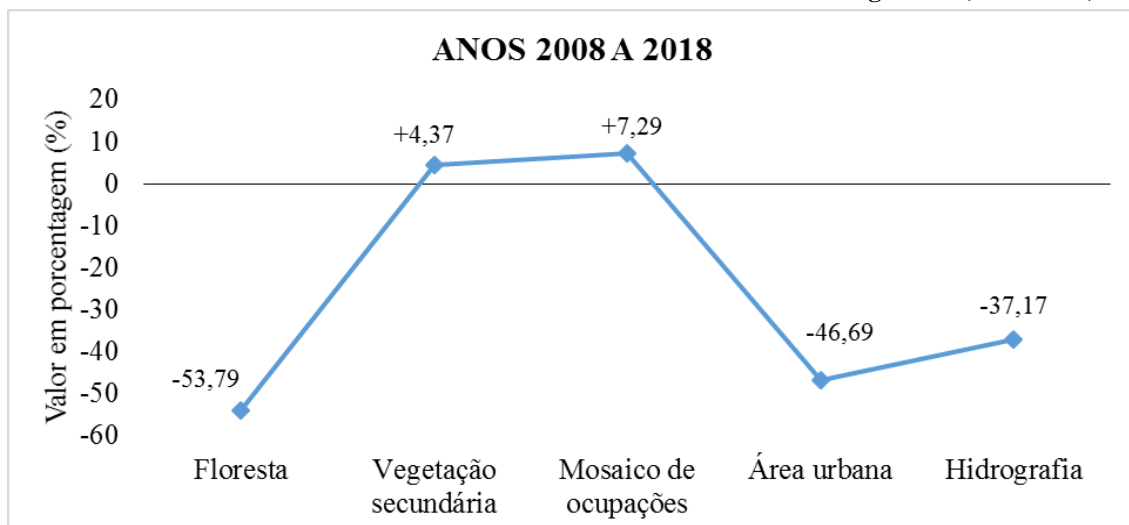
Visto que o percentual mínimo de reserva legal era de 80%, o que corresponde a 25.680,96 ha de área do Assentamento Paragonorte, verifica-se que a área de floresta existente em 1998 (25,47%) já estava muito abaixo do exigido em lei. Mesmo se contabilizar a área de vegetação secundária à área de floresta, não atinge o percentual mínimo exigido. Considerando apenas a área desmatada nesse período (3.314,16 ha), pode-se graduar o valor de R\$ 16.570.800,00 (dezesseis milhões, quinhentos e setenta mil e oitocentos reais) em multas que eram passíveis de serem aplicadas aos assentados, de acordo com o tamanho total da área desmatada.

Uma vez que, também houve a redução de 10,32% (-1.438,02 ha) da área de vegetação secundária, havia a possibilidade de aplicar multa por impedir ou dificultar a regeneração natural, que compreendia à sanção de R\$ 300,00 (trezentos reais) por hectare, o que corresponde a R\$ 431.406,00 (quatrocentos e trinta e um mil e quatrocentos e seis reais) em multas.

Entretanto, a situação de áreas autuadas ou passíveis de autuação mudou com o advento do Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012, que concedeu anistia aos desmatamentos realizados em datas anteriores a 22 de Julho do ano de 2008, desde que obedecidos os critérios estabelecidos nessa lei.

No gráfico 6 é observado que do ano 2008 ao ano 2018, houve a redução de 46,69% da classe Área urbana (-59,58 ha), já Mosaico de ocupações teve acréscimo de 7,29% (+886,05 ha) que é um aumento consideravelmente menor que no período anterior. Na Vegetação secundária ocorreu o aumento de 4,37% em sua área. Na classe Floresta ocorreu o decréscimo de 53,79% (-2.615,40 ha), que foi superior ao período anterior em termos de porcentagem, porém menor quanto à área reduzida, no entanto, não deixa de ser expressiva, principalmente quando considerada quantidade de floresta existente no período. Os desmatamentos continuaram principalmente para manter a produtividade da agricultura de corte e queima e para implantação de pastagens. Entretanto, nota-se que devido algumas áreas já não possuírem mais floresta, e seus detentores não terem acesso a um pacote tecnológico necessário para garantir a produção após o corte e queima, estas foram abandonadas entrando em processo de regeneração até ingressar na classe Vegetação secundária, o que também explica a redução da Área urbana, que foi consequência da migração para a cidade em função da improdutividade das terras que não possuíam mais a vegetação necessária para derrubar, queimar e produzir.

Gráfico 6. Dinâmica das classes de cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (2008-2018).



Fonte: Autor (2019).

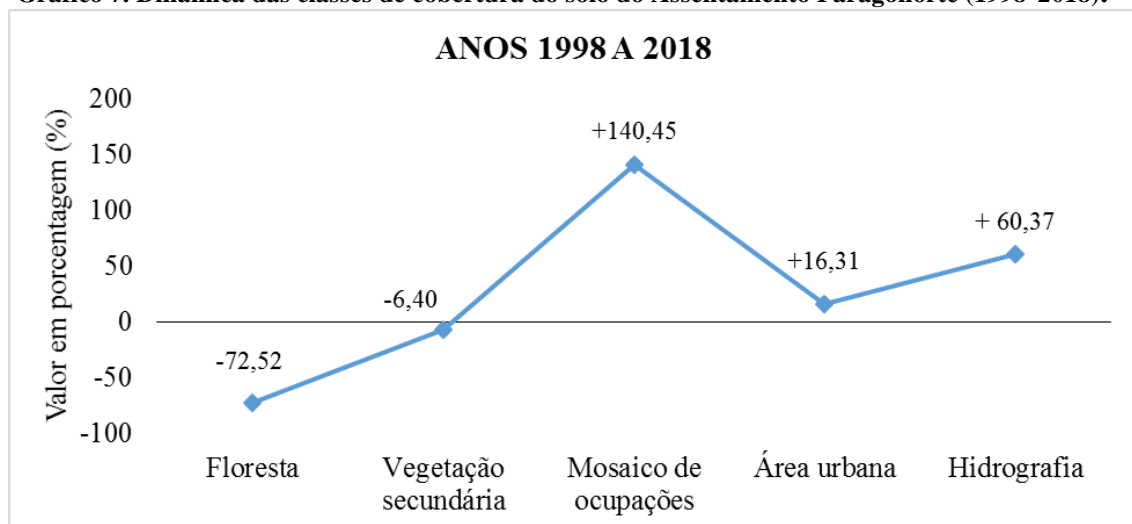
Nesse período já estava em vigor o novo Código Florestal, que em alguns casos possibilita a redução da reserva legal de 80% para 50% e anistiou os desmatamentos realizados em datas anteriores a 22 de Julho do ano de 2008. Essa data foi usada pelo código, porque corresponde ao dia da edição do Decreto Federal 6.514/2008, novo dispositivo legal que regulamenta a Lei de Crimes Ambientais, que definiu o que são infrações administrativas ambientais e estabeleceu o procedimento para sua apuração no âmbito federal. Esse Decreto também estabelece a sanção de multa no valor R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) por hectares em desmatamentos dentro de reserva legal, sem autorização prévia do órgão ambiental.

Para o cálculo da reserva legal estabelecida no novo Código Florestal, mesmo que em caso de fracionamento do imóvel rural, inclusive para assentamentos pelo Programa de Reforma Agrária, será considerada a área do imóvel antes do fracionamento.

Destarte, ao se considerar o que foi desmatado neste período (2.615,40 ha), pode-se graduar R\$ 13.077.000,00 (treze milhões e setenta e sete mil reais) em multas passíveis de serem aplicadas aos responsáveis pelos desmatamentos ocorridos na área do assentamento.

No ano de criação do assentamento Paragonorte, a área de floresta correspondia a 8.176,14 ha, que foi desmatada até chegar a 2.246,58 ha no ano de 2018, o que equivale a uma redução de 72,52% (-5.929,56 ha). Vegetação secundária ficou 6,40% menor do primeiro ao último ano estudado. Já na classe Mosaico de ocupações ocorreu o acréscimo de 140,45%, sendo inversamente proporcional à floresta (Gráfico 7).

Gráfico 7. Dinâmica das classes de cobertura do solo do Assentamento Paragonorte (1998-2018).



Fonte: Autor (2019).

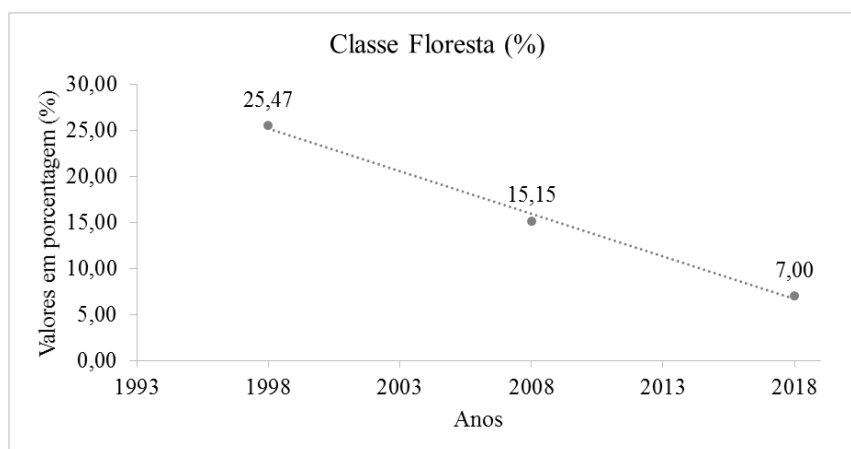
Um dos principais fatores desse desmatamento é a prática da agricultura de corte e queima, que demanda incorporação anual de novas áreas de floresta para garantir melhor

produtividade nos ciclos de produção agrícola, que são potencializados pela dificuldade de acesso a políticas públicas (ALENCAR et al., 2016; KATO et al., 2010).

Segundo Pasquis et al. (2005) e Fearnside (2006), os Projetos de Assentamento (PA) caracterizados pela agricultura familiar, com a cultura de “corte e queima” e pecuária, mesmo que de subsistência, são apontados como principais causadores do desmatamento, em que as elevadas taxas de desflorestamento comprovam a falta de sustentabilidade ambiental desses assentamentos.

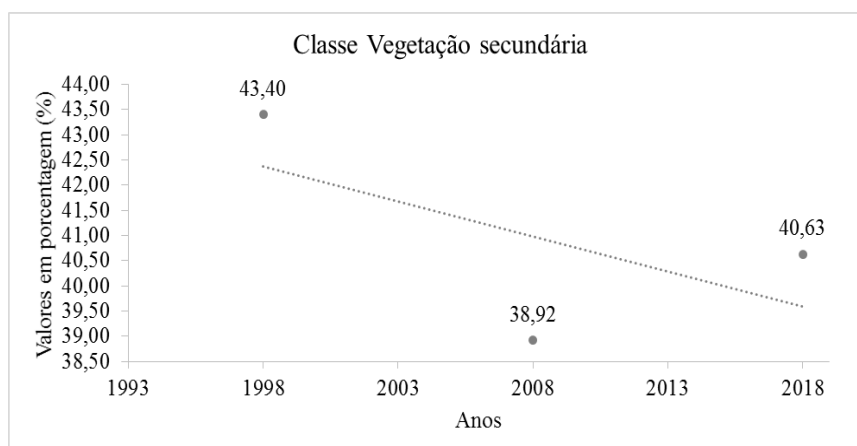
Os gráficos de dispersão 8, 9, 10, 11 e 12 apresentam o comportamento das classes de uso e cobertura do solo em relação aos anos estudados, onde é possível verificar visualmente esse comportamento e estabelecer a relação entre as alterações ocorridas nas classes e a série temporal utilizada.

Gráfico 8. Comportamento da classe Floresta no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.



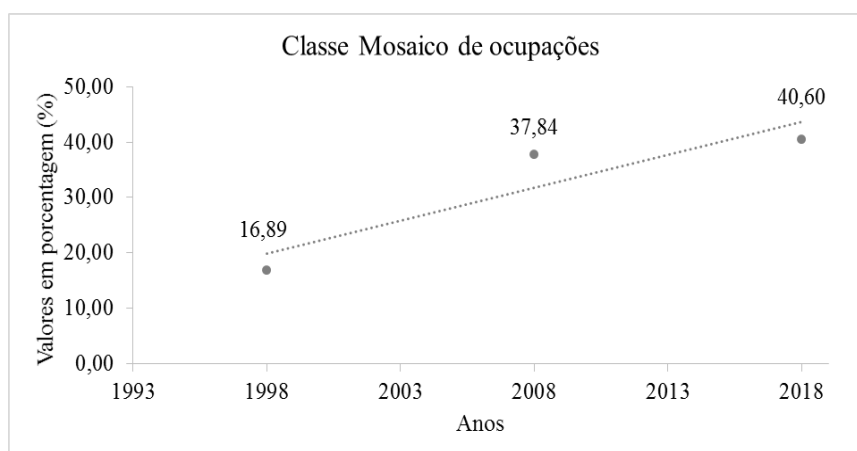
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 9. Comportamento da classe Vegetação secundária no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.



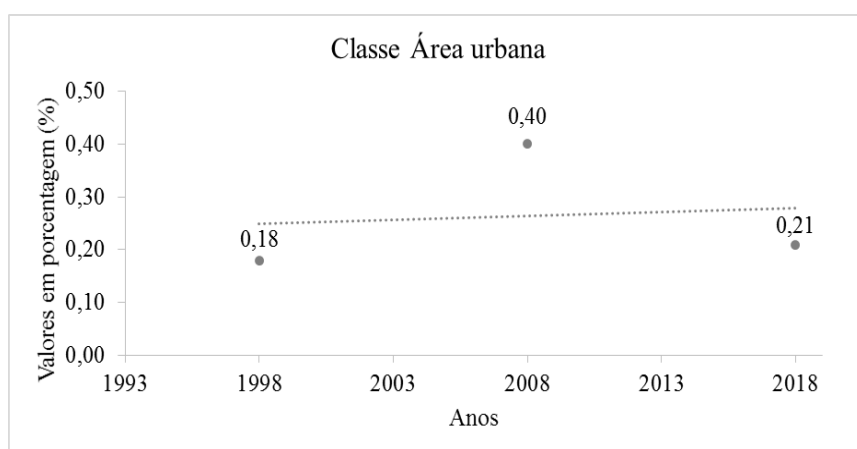
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 10. Comportamento da classe Mosaico de ocupações no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.



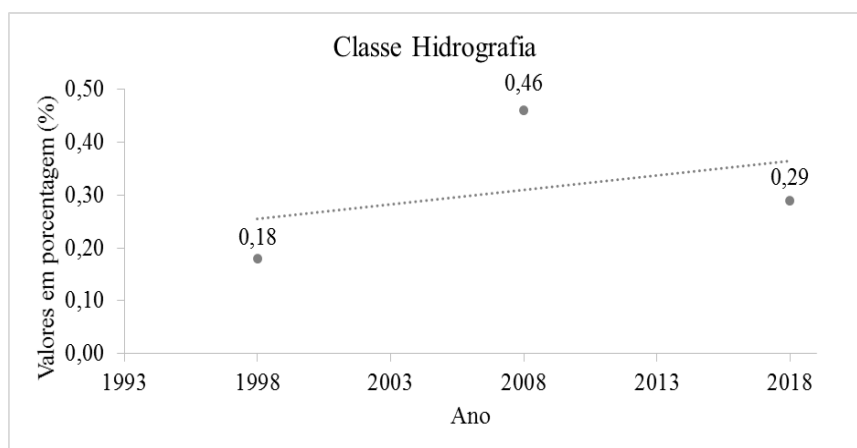
Fonte Autor (2019).

Gráfico 11. Comportamento da classe Área urbana no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.



Fonte: Autor (2019).

Gráfico 12. Comportamento da classe Hidrografia no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.



Fonte: Autor (2019).

Os gráficos apontam que as únicas classes que apresentaram linearidade foram Floresta e Mosaico de ocupações, indicado que há uma relação linear entre essas duas classes e os anos estudados. No gráfico 8, observa-se que com o passar dos anos há constantes decréscimos na classe Floresta, o que indica correlação linear negativa, ou seja, no decorrer dos anos houve redução de área de floresta. Já no gráfico 10 é possível observar que conforme os anos se passam há acréscimos na classe Mosaico de ocupações, indicando que há uma correlação linear positiva. Nas demais classes ocorreram oscilações nas proporções das classes, ocorrendo acréscimos e decréscimos ao longo dos anos, não apresentando linearidade. A classe vegetação secundária sofreu modificações, no entanto, não apresentou linearidade.

Embora seja possível verificar visualmente que há linearidade entre as classes Floresta e Mosaico de ocupações em relação a variável tempo, o que indica que há correlação entre as mesmas, faz-se necessário saber qual é o nível dessa associação. A Tabela 7 apresenta os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) gerados entre as variáveis tempo (anos) e classes de uso e cobertura do solo, dessa forma, é possível analisar o grau de associação linear entre essas variáveis.

Tabela 7. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis tempo (anos 1998, 2008 e 2018) e classes de uso e cobertura do solo no Assentamento Paragonorte.

	Tempo* - Floresta**	Tempo* - Vegetação secundária**	Tempo* - Mosaico de ocupações**	Tempo* - Área urbana**	Tempo* - Hidrografia**
Coefficiente de correlação linear de Pearson (r)	-0,998	-0,613	0,914	0,126	0,390

*Variável tempo em anos (1998; 2008; 2018); **Classes de uso e cobertura do solo
Fonte: Autor (2019).

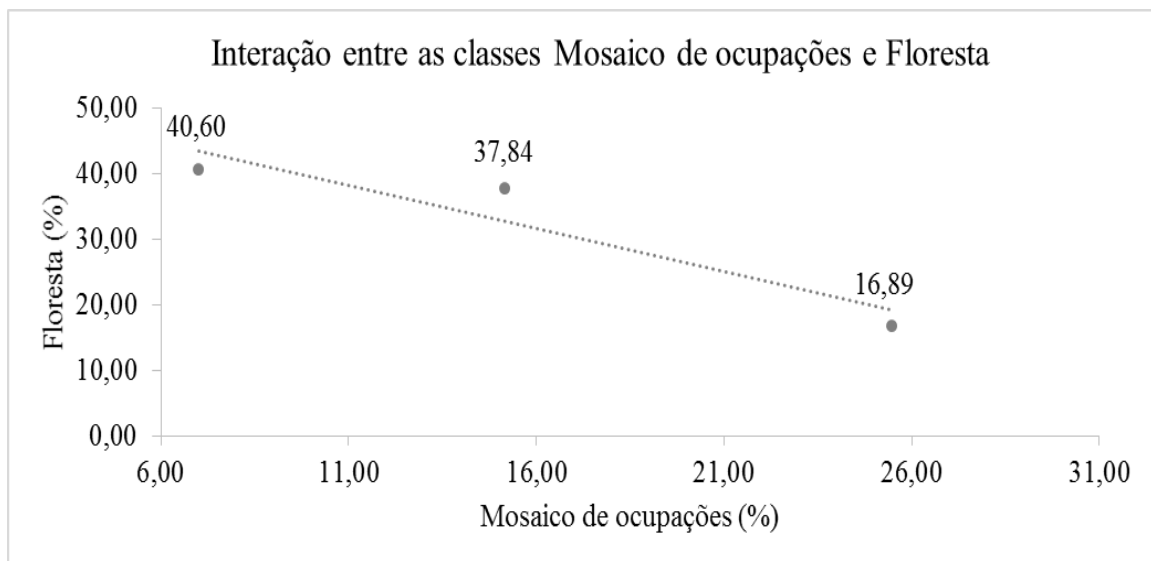
Diante disto, verifica-se que entre a variável tempo e a classe Floresta há uma correlação linear forte negativa ($r = - 0,998$, quase perfeita), ou seja, a medida estatística (r) ratifica que com o decorrer do tempo a classe Floresta sofreu sucessivas reduções em sua área. Em contrapartida, é observado que existe uma correlação linear forte positiva entre os anos estudados e a classe Mosaico de ocupações ($r = 0,914$), ratificando estatisticamente que conforme os anos se passavam, aumentava a proporção de área coberta por essa classe. As demais correlações não apresentaram valores estatisticamente significativos.

No estudo realizado por Amorim, Vidal e Mello (2018), no Assentamento 26 de Março, Município de Marabá, estado do Pará, a classe Floresta também apresentou um comportamento semelhante, em que no ano de 1990 compreendia a 75,96% da área do assentamento,

decrecendo para 33,96% em 1999, 28,46% em 2008 e 20,68% no ano 2017. Já a classe atividades agropecuárias (uso do solo) apresentou sucessivos acréscimos nos anos estudados: 4,72% em 1990; 25,21% em 1999; 25,83% em 2008; 62,76% em 2017. Para Tourneau e Bursztyn (2010), devido à falta de alternativas tecnológicas e infraestrutura de boa qualidade, os colonos obtêm renda de seus lotes pela retirada da madeira e pela conversão da terra em pastagem para uma futura venda, mesmo que proibida, o que é ratificado por Ludewigs et al. (2009), que afirma que tal processo é válido para a maior parte dos assentamentos.

Tanto os gráficos de dispersão 8 e 10, quanto os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson, gerados para as classes Floresta e Mosaico de ocupações, indicam que o comportamento entre essas duas classes é inversamente proporcional. Diante disto, foi gerado um gráfico de dispersão, para verificar o comportamento entre as mesmas (Gráfico 13).

Gráfico 13. Comportamento entre as classes Mosaico de ocupações e Floresta no decorrer dos anos 1998, 2008 e 2018 no Assentamento Paragonorte.



Fonte: Autor (2019).

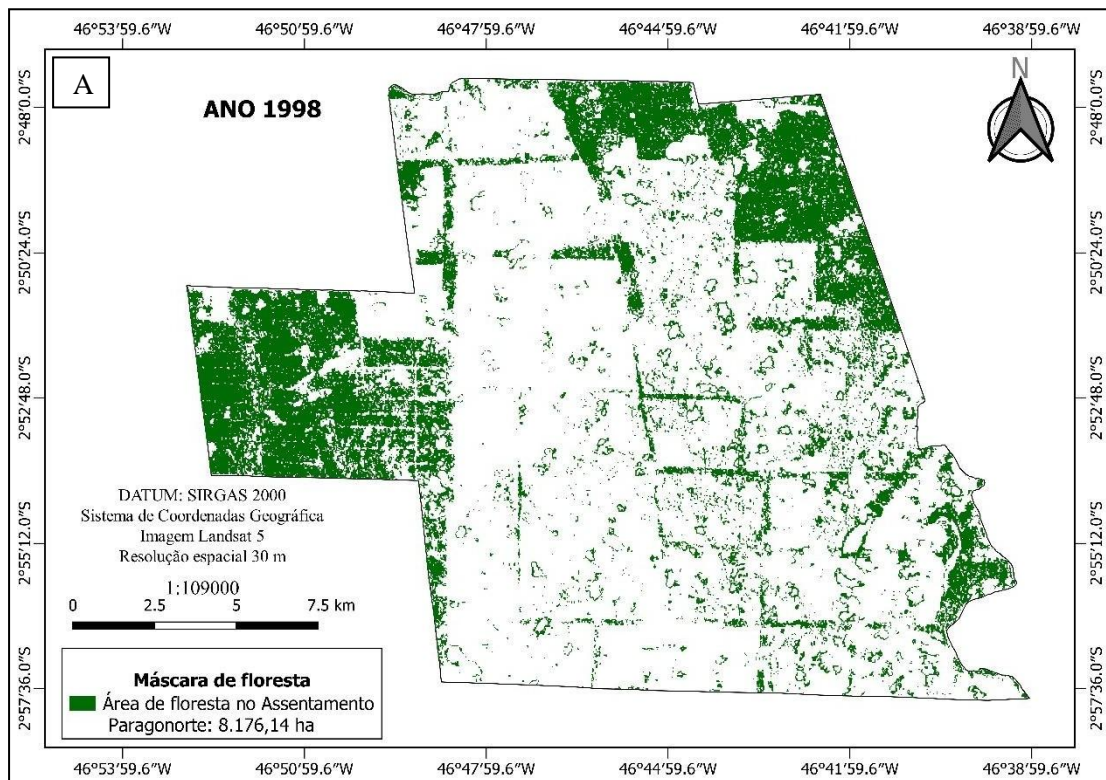
No gráfico 13 pode-se verificar que com o aumento da classe Mosaico de ocupações, há redução da classe Floresta, indicando que existe um comportamento linear e inversamente proporcional, de forma que enquanto uma classe sofre acréscimo, semelhantemente a outra decresce no mesmo ano, demonstrando interação entre as mesmas. O coeficiente de correlação linear de Pearson gerado para essa associação foi igual a -0,940, indicando estatisticamente que há uma correlação linear forte negativa entre as classes, ou seja, quando a classe Mosaico de ocupações cresce através da ação antrópica, a classe Floresta reduz. Dessa forma, o

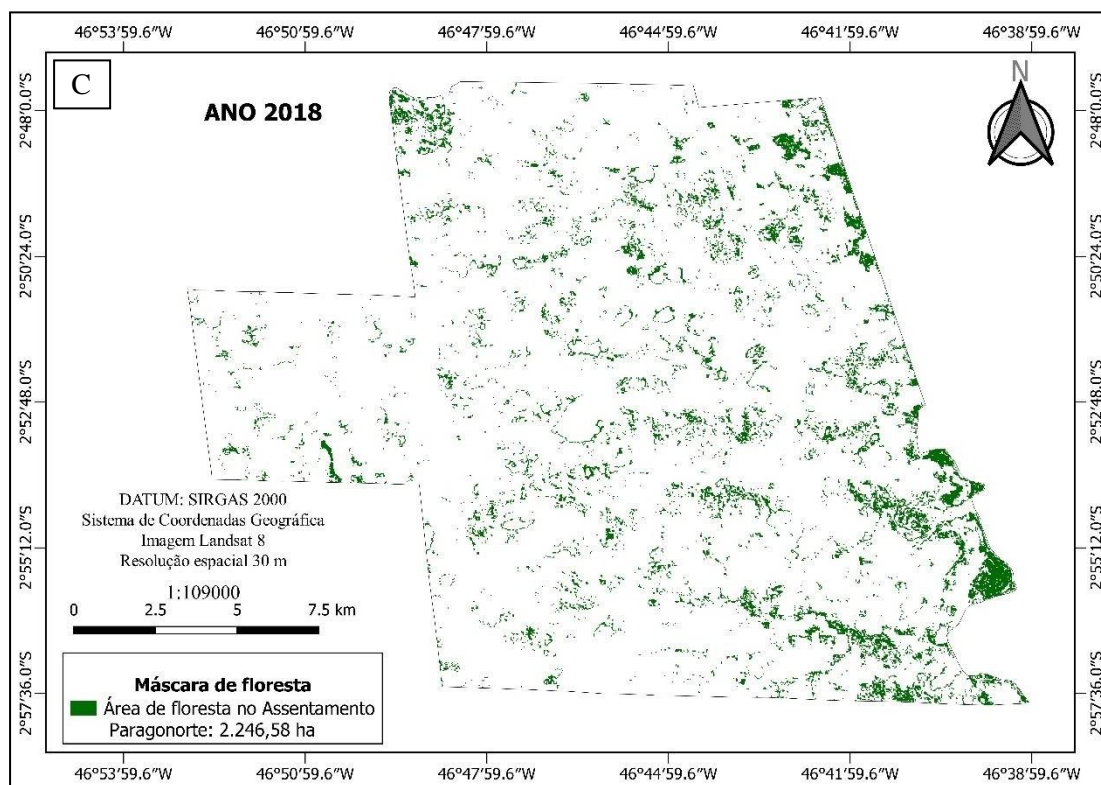
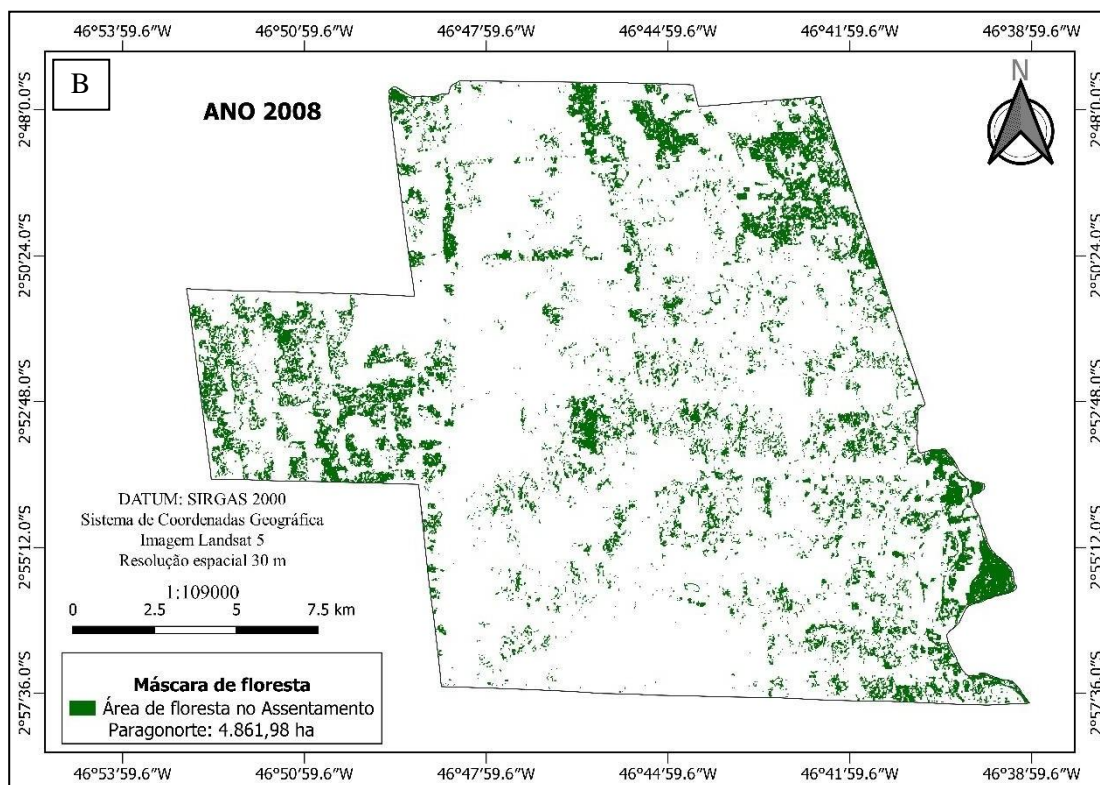
comportamento entre as classes Mosaico de ocupações e Floresta, evidencia que o desmatamento ocorreu com o objetivo de instalar as atividades de agricultura e pecuária.

A forte correlação linear entre as classes Mosaico de ocupações e Floresta, e as modificações existentes na classe Vegetação secundária, é característico da agricultura de corte e queima para subsistência, que necessita da abertura anual de novas áreas de floresta para manter a produtividade agrícola (ALENCAR et al., 2016; KATO et al., 2010), pois nessa técnica, a produção começa a diminuir a partir do primeiro ano, portanto, por não conhecerem alternativas viáveis para trabalhar com o solo, os agricultores necessitam implantar roças anualmente para garantir a sobrevivência da família (LUIZÃO; COSTA; LUIZÃO, 1999; KATO et al., 2010).

A Figura 11 apresenta as máscaras da classe Floresta extraídas das classificações supervisionadas pelo método MAXVER nos anos estudados, apresentando melhor visualização da redução dessa classe no decorrer dos anos estudados, bem como, sua disposição e distribuição dentro dos limites do Assentamento Paragonorte.

Figura 11. Mapa da máscara de Floresta: ano 1998 (A); ano 2008 (B); ano 2018 (C).





Fonte: Autor (2019).

Comparando as malhas da classe Floresta, observa-se que no ano de 1998 a cobertura florestal se apresentava mais densa, decrescendo até o último ano estudado, chegando até

mesmo a constituir vários fragmentos florestais, não mais representando um contínuo florestal, ratificando os estudos de Pasquis et al. (2005) e Fearnside (2006), sobre os assentamentos serem apontados como principais causadores do desmatamento, bem como, ambientalmente insustentáveis, principalmente pela ausência de um pacote tecnológico adequado ao cultivo da terra pelos assentados.

As máscaras demonstram que a floresta foi fragmentada, cujos maiores fragmentos estão concentrados nas bordas do assentamento, principalmente próximos de corpos d'água, especialmente às margens do Rio Uraim e Rio Gurupi, nos limites do assentamento, estando presente de forma rala na região central da área.

Compartilhamento dos Resultados Para os Moradores do Assentamento

Os resultados foram apresentados para os moradores do assentamento através de palestras em escolas no sentido de esclarecer a situação ambiental do assentamento Paragonorte. Tendo em vista, que a maior parte da sua cobertura florestal foi retirada para o desenvolvimento da atividade agropecuária. Neste sentido, objetiva-se propor medidas para evitar o desmatamento e recuperação de áreas conforme a legislação.

A inscrição no CAR é o primeiro passo para obtenção da regularidade ambiental do imóvel e contempla: dados do proprietário, possuidor rural ou responsável direto pelo imóvel rural; dados sobre os documentos de comprovação de propriedade e ou posse; e informações georreferenciadas do perímetro do imóvel, das áreas de interesse social e das áreas de utilidade pública, com a informação da localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e das Reservas Legais.

5 CONCLUSÃO

Os resultados apontam que no ano de sua criação, em 1998, o assentamento tinha 25,47% (8.176,14 ha) de sua área coberta por floresta, que é reflexo das primeiras formas ocupação e uso da terra executadas pelos primeiros proprietários. Após a criação do assentamento, a porcentagem de cobertura de floresta foi decrescendo ao longo dos anos estudados, até chegar a 7,00% (2.246,58 ha) no ano de 2018, o que corresponde a uma redução de 72,52% da floresta que existia na área, que equivale a 5.929,56 ha de área desmatada em 20 (vinte) anos.

O resultado mostrou que o desmatamento é fortemente correlacionado com a agricultura e pecuária ($r = -0,940$), indicando que o objetivo do desflorestamento é a conversão de floresta para uso alternativo do solo nas práticas dessas atividades (representadas pela classe Mosaico de ocupações). Devem ser criados e implantados modelos de produção sustentável, bem como, deve haver maior rigor por parte do órgão fundiário brasileiro para conservação do meio ambiente ao implantar um Projeto de Assentamento Rural. É necessário que os órgãos fiscalizadores deem maior atenção aos problemas ambientais gerados nesses assentamentos.

Diante das constatações realizadas, este trabalho tem potencial para auxiliar tomadas de decisões, pois gerou dados e informações capazes de direcionar a implementação de políticas públicas conservacionistas de uso do solo e produção sustentável no assentamento Paragonorte, para conservação e preservação do meio ambiente, bem como, para uma transição agroecológica.

Com o quantitativo dos desmatamentos apresentadas neste estudo, cujas áreas estão devidamente identificadas, bem como, com as informações das causas do desmatamento (agricultura e pecuária), pode-se traçar um plano de recuperação das áreas que foram desmatadas ilegalmente, cessando os fatores de degradação, como a agricultura de corte e queima, através de um pacote tecnológico de baixo custo, políticas públicas de uso sustentável do solo e conscientização dos assentados sobre os problemas ambientais. Além disso, através das informações das áreas consolidadas, é possível delimitar as áreas de uso alternativo do solo, auxiliando no zoneamento das áreas passíveis de utilização, realizando o abandono das áreas desmatadas, permitindo a regeneração natural da floresta. Ademais, pode-se realizar a recomposição florística com mudas doadas e produzidas pelo viveiro público do Município de Paragominas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, A. et al. **Desmatamento nos assentamentos da Amazônia: histórico, tendências e oportunidades**. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), 2016, 93p.

ALVAREZ, D. G. F. **Avaliação da efetividade do fundo Amazônia na redução do desmatamento na Amazônia legal, no período 2008 a 2016**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.

AMORIM, I. A.; VIDAL, M. R.; MELLO, A. H.; Dinâmica do Uso e Cobertura do Solo e suas Influências na Transformação da Paisagem do Assentamento 26 de Março. *In: III Encontro de Pós-Graduação – PROPIT Unifesspa*. Marabá, PA, 2018. Disponível em: https://epg.unifesspa.edu.br/images/Artigos/EPG_2018/Ismael-Alves-Amorim.pdf. Acesso em: 19 de março de 2019.

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. **Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial**. *Revista Economia e Sociologia Rural*, 2012. V 50, n.1, pp. 119-140.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C. C.; ROCHA, R. **Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Prices or Policies**. 2012.

AZEVEDO, A. A. et al. **Cadastro Ambiental Rural e sua influência na dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal**. Brasília: IPAM, 2014, 16 p.

BARRETO, P.; SILVA, D. Will cattle ranching continue to drive deforestation in the Brazilian Amazon. Belém: [s.n.]. 2010. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/publicacoes/congressos-e-anais/will-cattle-ranching-continue-to-drive>>. Acesso em: 03 de Julho 2018.

BARROSO, L. A.; ALENCAR, G. V. O. **Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de regularização ambiental em assentamentos de reforma agrária**. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v.1, n.1, p.5-13, 20 nov. 2014.

BECKER, B. K. **A Amazônia e a política ambiental brasileira**. p. 22-40 *In: SANTOS, M, BECKER, B. K. (orgs.) Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial*. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007.

BISHOP, Y. M.; FEINBERG, S. E. HOLLAND, P. W. **Discrete Multivariate Analysis - Theory and Practice**. Cambridge, Mass., the MIT press, 357 p., 1975.

BLANC, L. et al. **Gestão das florestas degradadas, uma nova prioridade na Amazônia brasileira**. *Revista Perspective*, junho de 2017.

BRANDÃO Jr., A.; SOUZA Jr., C. Deforestation in land reform settlements in the Amazon. *State of the Amazon*, Belém, n. 7, p. 1-4, 2006.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. **Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em: Acesso em: 12 de junho 2019.

BRASIL, Portaria nº 28, de 24 de janeiro de 2008. **Dispõe sobre os municípios situados no Bioma Amazônia onde incidirão ações prioritárias de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento ilegal. Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 25 jan. 2008.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 18 Mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Antigo Código Florestal Brasileiro. Revogada pela Lei nº 12.651, de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm. Acesso em: 18 Mar. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999**. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Revogado pelo Decreto nº 6.514, de 2008. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=309>. Acesso em: 18 Mar. 2019.

BRITES, R.S.; SOARES, P.S.; RIBEIRO, C. A. A. S. Comparação de desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificação de imagens orbitais. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8, Salvador: INPE, 1996-a

BUTLER, K. **Band Combinations for Landsat 8**. 2013. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/?rmedium=redirect&rsourc=blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8>. Acesso em: 18 Mar. 2019.

CANDENA, G. T. **Classificação dos tipos de pavimentos das vias urbanas a partir de imagem de alta resolução espacial por meio de análise orientada a objeto**. [Dissertação de mestrado em ciências cartográficas, Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia]. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www4.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d_cadena_gt.pdf Acesso em: 10/05/2019.

CÂMARA, G. et al. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001.

CÂMARA, G. MEDEIROS, J.S. Tendências de evolução do geoprocessamento. In: **Assad, E. D, Sano, E. E. Sistema de Informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília : EMBRAPA/CPAC, p. 3 - 11, 2005.

CARNEIRO, M. S.; ASSIS, W. S. **O controle do desmatamento na Amazônia como um processo de modernização ecológica: a experiência do Projeto Município Verde**. *Revista Pós Ciências Sociais*, 2015. v. 12, n. 24.

CASTELO, T. B. et al. **Governos e mudanças nas políticas de combate ao desmatamento na Amazônia**. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 2018. Vol. 28, nº1: 125-148.

CASTRO, C. N. **A agropecuária na Região Norte: oportunidades e limitações ao desenvolvimento.** Rio de Janeiro: IPEA, 2013. (Texto para discussão, n. 1836). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1215/1/TD_1836.pdf>. Acesso em: 10/05/2019.

CASTRO, A. R.; WATRIN, O. Análise espacial de áreas com restrição legal de uso do solo em projeto de assentamento no sudeste paraense. **Geografia Ensino & Pesquisa**, 2013. v. 17, n. 2, 2013 p. 157-166

CAVARARO, R. Manual Técnico de Uso da Terra. 2013. 3ª edição. Disponível em:<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em 10 de junho de 2019.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Measurement**. Vol XX, No 1, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and applications.** Lewis Publishers, Boca Raton, 1957. Disponível em: <https://epdf.pub/download/assessing-the-accuracy-of-remotely-sensed-data-principles-and-practices-second-e.html>. Acesso em: 31 de Mar. 2019.

CONTI, F. **Muitas Dicas - Laboratório de Informática - ICB - UFPA**, 2009. Disponível em: <<http://www.cultura.ufpa.br/dicas/>>. Acesso em: 13/08/2019.

CORREA, D. L. et al. Análise do desmatamento através de índices de NDVI obtidos de imagens da série Landsat de Eldorado dos Carajás sudeste do estado do Pará. In: **XI SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA. Anais...BELEM, 2013. "Zoneamento Ecológico Econômico: instrumento de ordenação territorial e desenvolvimento técnico-científico "**, 2013.

COSTA, J. M.; FLEURY, M. F. (2015). PROGRAMA “MUNICÍPIOS VERDES”: ESTRATÉGIAS DE REVALORIZAÇÃO DO ESPAÇO EM MUNICÍPIOS PARAENSES. **AMBIENTE & SOCIEDADE**, V. 18, N. 02, P. 61-76

COUTINHO, A. C. **Segmentação e classificação de imagens Landsat- TM para o mapeamento dos usos da Terra na região de Campinas – SP.** Dissertação de Mestrado. São Paulo – USP, 1997. Disponível em: <https://www.embrapa.br/territorial/busca-de-publicacoes/-/publicacao/16758/segmentacao-e-classificacao-de-imagens-landsat-tm-para-o-mapeamento-dos-usos-da-terra-na-regiao-de-campinas-sp>. Acesso em: 19 de Março de 2019.

COUTINHO, A. C. et al. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal: TerraClass 2008.** Brasília, DF: Embrapa; Belém: INPE, 2013, ISBN 978-85-7035-180-7, 108 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/971385/uso-e-cobertura-da-terra-nas-areas-desflorestadas-da-amazonia-legal-terra-class-2008>. Acesso em: 19 de Março de 2019.

COY, M.; KLINGLER, M. (2014). **Frentes pioneiras em transformação: o eixo da BR-163 e os desafios sócio ambientais.** *Revista Territórios & Fronteiras*, Cuiabá, vol. 7, n. 1. P.1-206.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. CAMPINAS: UNICAMP-INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, P.170, 1993.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, UNICAMP, 1992, 84p. (General Technical Report SO, 113).

CRUZ, Z. Q. da; RIBEIRO, G. P. R. Ensaio de segmentação e classificação digital de imagens cbers utilizando o sistema spring em uma unidade de conservação ambiental estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). *In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*. Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008. Disponível em: https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/sens_foto/023.pdf. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed. (2006).

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows version 2.00: user's guide**. Worcester: Clark University, Graduate School of Geography, 1997. 331p.

ESCADA, M. I. S. **Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-oeste de Rondônia**. Tese de doutorado. INPE, 2003. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Outros%20documentos/Isabel_Escada-tese-Rondonia-publicacao.pdf. Acesso em: 19 de Março de 2019.

EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. **Abordagens de número digital e de reflectância em sensoriamento remoto com dados de satélites**. Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP, 1988. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte@80/2008/07.24.15.00/doc/400-405.pdf>. Acesso em: 20 de Jan. 2019.

FARIAS, M. H. C. S.; BELTRÃO, N. E. S.; SANTOS, C. A.; CORDEIRO, Y. E. M. Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. *Revista Mercator*, Fortaleza, 2018. v. 17, e17009, p. 1-20.

FARIA, M. M. et al. Avaliação da influência do número de amostras de treinamento no índice Kappa. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Anais...* João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Rs. Acta Amazônica*, v. 36, n. 3, p.396-400, 2006.

FERNANDES, R. A. de B. **Discurso de sustentabilidade: o caso de Paragominas**. Dissertação de Mestrado em Ciência da Informação. Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ibict.br/bitstream/123456789/743/1/Aviz2011.pdf>. Acesso em: 18 de Mar de 2019.

FERREIRA, M. D. P. e COELHO, A. B. **Desmatamento recente nos estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 2015. v. 53, n. 1, p. 91-108.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C.A.O. Estudo do comportamento dos índices de exatidão global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens de sensoriamento remoto. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 13, Florianópolis: INPE, p. 5755-62, 2007.

FILHO, D. B. F.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Vol. 18, n. 1, 2009.

FILOCREÃO, A. S. M.; SILVA, I. C. **A política de assentamentos rurais no Estado do Amapá**. *Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP*. Macapá, 2016. v. 9, n. 3, p. 145-171.

FONSECA, A. et al. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (setembro de 2018) SAD**. (p.1). Belém: Imazon, 2018, p. 1. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-setembro-2018-sad/>. Acesso em 18 de Março de 2019.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA C. M. de. **Avaliação de desempenho de atributos estatísticos e texturais em uma classificação de cobertura da terra baseada em objeto**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, v. 18, nº 2. Curitiba, abr-jun, 2012, p.302-326. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bcg/v18n2/08.pdf>. Acesso em: 31 de Mar. 2019.

GANEM, K. A. **Classificação da cobertura do solo na caatinga a partir de imagens do Landsat-8 e da ferramenta google earth engine: uma comparação entre dados com e sem correção atmosférica**. Dissertação de Mestrado. Brasília – DF, 2017. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/23501>. Acesso em: 31 de Mar. 2019

GIRARDI, E. P.; FERNANDES, B. M. A luta pela terra e a política de assentamentos rurais no Brasil: a reforma agrária conservadora. *Revista Agrária*, nº 8, São Paulo, 2008. p. 73-98.

GREENPEACE.; **Projeto de lei do Desmatamento Zero é Entregue no Congresso, 2015**. Disponível em: < <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Projeto-de-lei-doDesmatamento-Zero-e-entregue-no-Congresso/>>. Acesso em: 17 de julho de 2018.

GUIMARÃES, J. et al. (2010). **Municípios verdes: caminhos para a sustentabilidade**. Belém: IMAZON, 2011.

HELLDEN, U. STERN, M. Evaluation of Landsat Imagery and Digital Data for Monitoring Desertification Indicators in Tunisia. Proc. 14th. Int. **Symposium on Remote Sensing of Environment**, p. 1601-1611, 1980.

HOMMA, A. K. O. **Agricultura familiar na Amazônia: a modernização da agricultura itinerante**. In: SOUSA, I. S. F. (Ed.). *Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 33-60.

IBAMA- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2019) GEO fiscalizando o desmatamento. Documento online disponível em: <https://mundogeo.com/blog/1999/06/02/geo-fiscalizando-o-desmatamento/> acesso em: julho/2019.

IBGE. Banco de Pontos de Controle do IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Cartografia. 1ª Reunião do Comitê de Insumos de Sensoriamento Remoto da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). Brasília/DF, 17 de Nov. de 2015. (slide). Disponível em: https://www.concar.gov.br/temp/252@IBGE_AlineLopesCoelho.pdf. Acesso em: 5 de Maio de 2019.

IBGE. Mapa da Amazônia Legal: fronteira agrícola. 2005. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_regionais/sociedade_e_economia/mapas_municipais/fronteira_agricola.pdf. Acesso: em 19 de Maio de 2019.

IMAZON. Unidades de Conservação mais desmatadas da Amazônia Legal (2012-2015). Boletim Informativo. p.1- 47. Publicado em 27 de março de 2017. Disponível em <https://imazon.org.br/unidades-de-conservacao-mais-desmatadas-da-amazonia-legal-2012-2015/>. Acesso em: maio/2019.

IMAZON. Boletim do Desmatamento da Amazônia Legal (janeiro 2019) SAD. disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-janeiro-2019-sad/>. acesso em: jun/2019.

IMAZON. Municípios Verdes. 2014. disponível em: <https://imazon.org.br/slide/municipios-verdes/>. acesso em: jun/2019.

INCRA/BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. 2017. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/>.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2007. Estimativas Anuais desde 1988 até 2007. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2007.htm. Acesso em: maio/2019.

INPE (2016). Prodes: Monitoramento da floresta Amazônica por satélite . Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2015n.htm. Acesso em: maio/2019.

INPE. PRODES: Divulgação da taxa estimada de desmatamento da Amazônia Legal para o Período 2013-2014. 2014. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/taxas/Prodes_taxa2014_estimativa.pdf. Acesso em: 19 de Março de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de pedologia. Rio de Janeiro, 1ª ed. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapas de clima, s. 1. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Projetos de reforma agrária conforme fases de implementação.** Coordenação Geral de Implantação. Sistema: SIPRA. Relatório: Rel_0227, 01 Ago. 2019. Disponível em: http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/reforma-agraria/questao-agraria/reforma-agraria/projetos_criados-geral.pdf. Acesso em: 31 de Março. 2019.

INPE. Classificação de Imagens. *In*: Manuais. **Tutorial de Geoprocessamento.** SPRING 1991-2006. 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 18 de Março de 2019.

IWAI, O. K. **Mapeamento do uso do solo urbano do Município de São Bernardo do Campo, através de imagens de satélites.** 2003. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

KLECKA, W. R. **Discriminant Analysis.** SAGE Publications, Inc., Beverly Hills, California, 71 p., 1980.

KATO, O. R. et al. **Agricultura sem queima: uma proposta de recuperação de áreas degradadas com sistemas agroflorestais sequenciais .** *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18, UFP, Teresina, 2010. Embrapa Meio-Norte. 1 CD-ROM. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30601/1/osvaldoryohei.pdf>. Acesso em: 12 de Mar. 2019.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 01, p. 159-174, 1977. Acesso em: https://www.dentalage.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/landis_jr_koch_gg_1977_kappa_and_observer_agreement.pdf. Disponível em: 31 de Mar. 2019.

LEÃO, C., KRUG, L.A., KAMPEL, M., FONSECA, L. M. G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. *In*: **Anais XIII do Simpósio de Sensoriamento Remoto.** INPE. Florianópolis - Brasil, 2007. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.01.10/doc/939-946.pdf>. Acesso em: 19 de Março de 2019.

LEVADA, A. L. M. **Combinação de modelos de campos aleatórios markovianos para classificação contextual de imagens multiespectrais.** 146p. Tese (Doutorado) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

LIOTTE, S.V; MACEDO, A. B. **Utilização de técnicas de geoprocessamento para apoio ao planejamento físico- territorial do Município de Pariquera-Acu.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

LUCHIARI, A. Algumas considerações sobre as aplicações dos produtos do sensoriamento remoto em Geografia. *In*: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L.S.; LUCHIARI, A. (Orgs.). **América Latina: sociedade e meio ambiente.** 1.ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008. Série Por uma Geografia Latino-americana. Disponível em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Nuevastecnologias/Teledeteccion/03.pdf>. Acesso em: 19 de Março de 2019.

LUDEWIGS, T.; OLIVEIRA D'ANTONA, A.; BRONDÍSIO, E.; HETRICK, S. **Agrarian Structure and Land-cover Change Along the Lifespan of Three Colonization Areas in the Brazilian Amazon**. *World Development*, Sheerbrooke, v. 37, no. 8, 2009, p. 1348-1359.

LUIZÃO, C. C. R.; COSTA, E. S.; LUIZÃO, F. J. **Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia central**. n. 29, v. 1, p. 43–56, 1999.

MATSUKUMA, C. K. **Análise comparativa de algoritmos de classificação digital não-supervisionada, no mapeamento do uso e cobertura do solo**. Dissertação de mestrado. Piracicaba, SP, Fev. 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-20181127-161840/pt-br.php>. Acesso em: 18 de Mar. 2019

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. (Orgs.). UnB. CNPq. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em: 18 de Mar. de 2019.

MACEDO M. R. A. (2009) **Uso de geotecnologias na identificação e mapeamento dos atores do desmatamento na frente pioneira de São Félix do Xingu – PA**. Belém: Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas, Belém. 26p.

MACIEL, M. N. M.; WATRIN, O. D. Curso de Introdução às Técnicas de Sensoriamento Remoto. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 4.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 10., 2005, Belém, PA. Ciência e tecnologia com inclusão social. Anais. Belém, PA: UFRA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 1 CD-ROM.

MARTINS, C. E. R.; **Análise Econométrica do Desmatamento no Estado Do Pará. In: IV Jornada Internacional de Políticas Públicas**. São Luís, MA, 2009. Disponível em: http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/eixos/8_agricultura/analise-econometrica-do-desmatamento-no-estado-do-para.pdf. Acesso em: 19 de Março de 2019.

MARTINS, H. D. et al. (2013). Mapeamento da cobertura do solo de Paragominas-PA com imagens de satélite de alta resolução: aplicações para o Cadastro Ambiental Rural (CAR). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Belém. Anais. Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 1283 - 1290. Disponível em: [9<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0598.pdf>](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0598.pdf). Acesso em: 01 agosto 2018.

MARTINS, L. K. P.; ZANON, P. C. F. **Uso de geotecnologias na proteção da biodiversidade. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007, Florianópolis**. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p.4029-4036. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.14.35.44/doc/40294036.pdf>. Acesso em: 12 de junho 2019.

MARGULIS, S. (2003). **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. 1. ed. Brasília : Banco Mundial, 2003. 100p.

MARQUES, C. E. R. et al. Causas dos determinantes da intensidade do desmatamento na Amazônia legal: uma abordagem multinomial., In: XV Encontro Regional de Economia, Forum BNB de Desenvolvimento, 2010, Fortaleza. Anais do XV Encontro Regional de Economia, Forum BNB de Desenvolvimento, 2010. v. 1.

MERTENS, B. et al. A crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: the case of São Félix do Xingu in South Pará. *Agricultural Economics*, West Lafayette, v. 27, n. 1, p. 269-294, 2002.

MELLO, N.G. R.; ARTAXO, P. (2016). Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, Brasil, n. 66, p. 108-129.

MÍDIA E AMAZÔNIA. **O Programa Municípios Verdes**. disponível em: <<http://midiaeamazonia.andi.org.br/texto-de-apoio/o-programa-municipios-verdes>>. acesso em 11 de junho de 2019.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. (2015). **Plano de Ação Para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) 3ª Fase (2012-2015), Pelo uso sustentável e conservação da floresta**. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/informma/item/616-preven%C3%A7%C3%A3o-e-controle-do-desmatamento-na-amaz%C3%B4nia>>. Acesso em 10 de junho de 2019.

MMA. (Ministério do Meio Ambiente). **Controle e Prevenção do Desmatamento**. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/controle-e-preven%C3%A7%C3%A3o-do-desmatamento>>. Acesso em: jun/ 2019.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicacao**. Sao Jose dos Campos: INPE, 2001. 250 p.

MORAES, E.C. Fundamentos de sensoriamento remoto. *In*: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA (Brasil). **Sensoriamento remoto**. Curso Astronáutica e ciências do espaço. Ed. 2008. São José dos Campos, SP: INPE, 2002. Cap. 1. Disponível em: http://www.cdcc.usp.br/cda/oba/aeb/sensoriamento_remoto_alta_resolucao_2008.pdf. Acesso em: 5 de Maio de 2019.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação** . 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003

MOURA, R. de L.; ROCHA, V. W. P. “...Da conquista da terra, ao sistema de produção e comercialização: dados relevantes do PA Paragonorte Paragominas, Pará”. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRA, Paragominas, 2016. Disponível em: <https://paragominas.ufra.edu.br/attachments/article/60/RO%20DOLFO%20DE%20LIMA%20MOURA%20e%20VICENTE%20WESLEY%20PAIVA%20ROCHA.pdf>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

NASCIMENTO, J. L. A. (2009). **Uso de Geotecnologias no monitoramento de Unidades de Conservação: Ocupações Peri urbanas na APA Margem Esquerda do Rio Negro**. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus – 2009.

NOVO, E. M. L. de M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1992. 308p.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 2º edição. Editora Edgard Blücher Ltda-São Paulo, 1998.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Edgard Blücher, 3ª ed. São Paulo, SP, 2008.

OLIVEIRA, A. U. de. **Integrar para não entregar: políticas públicas e Amazônia**. Campinas: Papirus, 1988.

OSIS, R.; LAURENT, F.; POCCARD-CHAPUIS, R. Simulação da dinâmica do uso do solo em Paragominas-PA: Diferenças nas regras espaciais entre áreas de assentamentos e agropecuária comercial. *In: Seminário Internacional de Desenvolvimento Rural Sustentável, Cooperativismo e Economia Solidária – SICOOPES. halshs-02270260*. Castanhal, PA, 2016. Disponível em: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02270260/document>. Acesso em: 18 Março de 2019.

PASQUIS, R. et al. Réforme agraire en Amazonie: bilan et perspectives. *Cahiers Agriculture*, v. 14, n. 1, p. 35-39, 2005.

PEDRO, J. Imazon. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (janeiro 2019) SAD, 2019**. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-janeiro-2019-sad/>. Acesso em: 01 maio 2019.

PENHA, J. W. da. **Avaliação de algoritmos de classificação supervisionada de imagem digital do satélite Ikonos na região da Serra do Salitre - MG**. Revista Agrogeoambiental – Abr. 2009. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/237/233>. Acesso em: 18 de Mar. de 2019.

PINHO, B. C. P. **Desmatamento e uso e cobertura da terra: um estudo de caso no assentamento de reforma agraria Paragonorte, Pará**. Dissertação de Mestrado. Belém- PA, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/7640>. Acesso em: 31 de Mar. 2019.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C.B. (2011). **Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia**. *Revista Economia e Sociedade*, Campinas, v. 20, n. 3 (43), p. 601-636.

QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Revista RITA, Volume III, Número 1, 2001.

REBOUÇAS, S.M.D.P. **Metodologias de Classificação Supervisionada para Análise de Dados de Microarrays**. Doutorado em Estatística e Investigação Operacional (Especialidade de Probabilidades e Estatística). 2011. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3749/1/ulsd60836_td_Silvia_Reboucas.pdf. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

RESCK, B. de C. **Avaliação de diferentes métodos de classificação de imagem IKONOS para mapeamento do uso e cobertura terrestre**. Monografia. Viçosa - MG, 30 de Jul. de 2009. Disponível em: <http://www.novos cursos.ufv.br/graduacao/ufv/geo/www/wp-content/uploads/2013/08/Bruno-de-Carvalho-Resck.pdf>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 4. ed. New York: Springer Verlag, 2006. ISBN-10 3-540-25128-6, ISBN-13 978-3-540-25128-6. Acesso em: http://148.206.53.84/tesiuami/S_pdfs/Remote%20Sensing%20Digital%20Image%20Analysis.pdf. Disponível em: 18 de Mar. 2019.

ROCHA, N. C. V. **Dinâmica do uso e cobertura do solo entre os anos de 2004 e 2014 para o município de Capitão Poço, Pará**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 05 de Dez. 2016, v.14 n.26; p. 272. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2017b/agrar/dinamica%20do%20uso.pdf>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

RODRIGUES, et al., **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5ª Ed. Uberlândia: Ed. UFU, 2003.

ROSENFELD, G. H.; FITZPATRICK-LINS, K. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v. 52, n. 2, p. 223-227, 1986.

ROSSITER, D.G. **Statistical methods for accuracy assesment of classified thematic maps**. Technical Note. Enschede: International Institute for Geo-information Science & Earth Observation (ITC), 2004. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c1a2/adcdfa3d30890580c15ff6e2eebbf7e83707.pdf>. Acesso em: 18 de Nov. 2018.

SANTOS, P. A. (2016). **Os impactos do programa municípios verdes (pmv) no controle do desmatamento da Amazônia: uma análise usando propensity score matching**. Revista economia ensaios, 30, 2.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2: passo a passo: Aplicações Práticas**. Alegre: CAUFES. 2010. 153 p. Disponível em: http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_Spring_5.1.2_Aplicacoes_Praticas/LivroSPRING512PassoaPassoAplicacaoPratica.pdf. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. O Brasil: **Território e Sociedade no início do século XXI**. 6. ed. Rio de Janeiro: Record, 473 p, 2004. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AnaPaulaDALasta/Acta_Geografica_CidadesAmazonicas_EdicaoEspecial_2011/MariaLauraSilveira_HistoriaLivro_Acta_Geografica_2011.pdf. Acesso em: 19 de Março de 2019.

SANTOS, M. 1992: A redescoberta da natureza. **Estudos Avançados**, São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, v.6, n. 14, p. 95-106, 1992. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9568>. Acesso em: 19 de Março de 2019.

SAVIAN, M. et al. **cadastro ambiental rural: experiências e potencialidades para a gestão agroambiental**. in: sambuichi, r.h.r. et al. (orgs.). Políticas agroambientais e sustentabilidade e : desafios, oportunidades e lições aprendidas. Brasília: ipea, 2014. p.105-124.

SILVA, L. C. T. et al. Mapeamento do uso e cobertura da terra em áreas desflorestadas no município de Paragominas - PA nos anos de 1991 e 2008. *In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. Curitiba, PR, 2011. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.12.12.09/doc/p1206.pdf>. Acesso em: 18 Março de 2019.

SILVA, M. et al. **A transformação do espaço amazônico e seus reflexos na condição atual da cobertura e uso da terra**. *Novos Cadernos NAEA*, 2013. v. 16, n. 1, p. 229-248.

SILVA, M. L. M. da; PEREIRA, G. P. M. Avaliação de algoritmos de classificação supervisionada para imagens do Cbers-2 da Região do Parque Estadual do Rio Doce-MG. *In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais...* Florianópolis, Brasil. 21-26, Abr. 2007, INPE, p. 6223-6228. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.20.25/doc/6223-6228.pdf>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

SOARES, M. P. (2017). **Assentamentos rurais sustentáveis na Amazônia**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Direito Ambiental da Universidade do Estado do Amazonas – UEA. Manaus/AM p1-140.

SOUZA, R. A. (2018). **Inovações da política pública de combate ao desmatamento da Amazônia- PPCDAM**. Trabalho de especialização em gestão Pública, Escola Nacional de Administração pública (ENAP), Brasília, março de 2018.

SCHERER-WARREN, M. **Dinâmica e estrutura especial do uso da terra em Mato Grosso, Pará e Rondônia**. São José dos Campos: INPE, 2004.

STORY, M.; CONGALTON, R. **Accuracy assessment: A user's perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Ano 1986, Vol. 52, No. 3, pp. 397–399.

SWAIN, P. H.; DAVIS, S.M. Fundamentals of pattern recognition in remote sensing. *In: SWAIN, P. H.; DAVIS, S.M. Remote sensing: the quantitative approach*. New York: McGraw-Hill, 1978. Cap. 3. p. 136-185.

TERRACLASS. **TerraClass: Organização, Acesso e Transparência.** (Site). Disponível em: <https://www.terraclass.gov.br/>. Acesso em: 19 de Março de 2019.

TORTORA, R. **A note on sample size estimation for multinomial populations** . *The American Statistician*. Ano 1978, Vol. 32, No. 3. pp. 100–102.

TOURNEAU, F. M.; BURSZTYN, M. **Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental.** *Ambiente e Sociedade*, 2010, v. 8, n. 1, p. 111-130.

VALE, J.R.B. *et al.* **Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará** . *InterEspaço-Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, Grajaú/MA, ISSN: 2446-6549, v. 4, n. 13 p. 26-44 jan./abr. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v4n13p26-44>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

VENTURIEIRI, A. **Introdução às técnicas de Sensoriamento Remoto.** Belém: UFPA, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6706766-Curso-de-introducao-as-tecnicas-de-sensoriamento-remoto.html>. Acesso em: 18 de Mar. 2019

VENTURIERI, A. et al. **Relatório do Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra da Calha Norte e Leste do Estado do Pará.** Governo do Estado do Pará. Secretaria de Estado de Projetos Estratégicos. 2009.

VIALI, L. Página acadêmico/didático do prof. Lorí Viali, 2015. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/fam/at/viali/>>. Acesso em: 13/08/2019.

VILLELA, R.; BUENO, R. S. A Expansão do desmatamento no Estado do Pará: população, dinâmicas territoriais e escalas de análise. *In: VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais.* Foz do Iguaçu, PR, 2016. Disponível em: <http://abep.org.br/xxencontro/files/paper/614-308.pdf> f. Acesso em: 19 de Março de 2019.

U.S.G.S. United States Geological Survey. **Landsat collections: U.S. Geological Survey Fact Sheet.** 2018–3049, 2 p. ISSN: 2327-6932 (online), ISSN: 2327-6916 (print), 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3133/fs20183049>. Acesso em: 28 de Fev. de 2019.

U.S.G.S. United States Geological Survey. **Landsat 8 (L8) level 1 (L1) data format control book (DFCB).** EROS Sioux Falls, South Dakota LSDS-809, Versão 11.0 February, 2017. Disponível em: <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/atoms/files/LSDS-809-Landsat8-Level1DFCB.pdf> . Acesso em: 28 de Dez. de 2018.

U.S.G.S. United States Geological Survey. **Landsat collection 1 level 1 product definition.** EROS Sioux Falls, South Dakota LSDS-1656, Versão 2.0 April, 2019. Disponível em: https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1656_%20Landsat_Collection1_L1_Product_Definition-v2.0.pdf. Acesso em: 20 de Maio. de 2019.

U.S.G.S. United States Geological Survey. **Landsat - Earth Observation Satellites**. ver. 1.1, Ag. de 2016: Folha de dados do Serviço Geológico dos EUA 2015–3081, p. 4 ISSN 2327-6916 (print) ISSN 2327-6932 (online). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3133/fs20153081> . Acesso em: 20 de Jan. 2019.

ZHAI, L. *et al.* **Large area Land Cover Classification with LANDSAT ETM+ Images based on Decision Tree**. [International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B7]. Melbourne, Austrália, Set. 2012. Disponível em: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B7/421/2012/isprsarchives-XXXIX-B7-421-2012.pdf>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.