

DINÂMICA DO DESMATAMENTO E USO DO SOLO EM ASSENTAMENTO RURAL DA REFORMA AGRÁRIA BRASILEIRA NA AMAZÔNIA LEGAL

Dynamics of deforestation and land use in rural settlement of the Brazilian agrarian reform in the legal amazon

Ciro da Cunha Rodrigues¹, Cícero Paulo Ferreira², Izael Costa Silva³

¹Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares pelo Instituto Federal do Pará, Castanhal, PA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2557-9683>, ciroparagominas@gmail.com

²Docente no Instituto Federal do Pará. Doutor em Ciências Agrárias Sistemas Agroflorestais pela Universidade Federal Rural da Amazônia, Castanhal, PA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8696-4294>, cicero.ferreira@ifpa.edu.br

³Engenheiro Florestal Graduado pela Universidade Federal Rural da Amazônia. Paragominas, PA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3421-2795>, costasilvaizael@gmail.com

RESUMO

Este trabalho objetiva analisar a dinâmica temporal do desmatamento ao longo de 20 anos, suas possíveis causas e o uso e ocupação do solo, em um assentamento rural na Amazônia, através da classificação supervisionada de imagens de satélites pelo método MAXVER. Foram processadas imagens Landsat 5 dos anos de 1998 e 2008, e Landsat 8 do ano 2018, no software Qgis 3.6, sendo mapeadas as classes: floresta; vegetação secundária; mosaico de ocupações; área urbana; hidrografia; e área não observada. A acurácia da classificação foi obtida através de matriz de confusão com índices de Kappa geral, do usuário e produtor. Para as classes, gerou-se gráficos de dispersão e coeficiente de correlação linear de Pearson (r). O desmatamento reduziu 72,52% da classe Floresta em 20 anos, e é fortemente correlacionado com a agropecuária ($r = -0,940$), indicando que foi realizado para o exercício dessas atividades.

Palavras-chave: Floresta, classificação supervisionada, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

This work aims to analyze the temporal dynamics of deforestation over 20 years, its possible causes and the use and occupation of land, in a rural settlement in the Amazon, through the supervised classification of satellite images by the MAXVER method. Landsat 5 images from the years 1998 and 2008, and Landsat 8 from the year 2018 were processed in the Qgis 3.6 software, and the classes were mapped: forest; secondary vegetation; mosaic of occupations; urban area; hydrography; and unobserved area. The classification accuracy was obtained through a confusion matrix with general, user and producer Kappa indices. For the classes, scatter plots and Pearson's linear correlation coefficient (r) were generated. Deforestation reduced 72.52% of the Forest class in 20 years, and is strongly correlated with agriculture ($r = -0.940$), indicating that it was carried out for the exercise of these activities.

Keywords: Forest, supervised classification, remote sensing.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história da reforma agrária na Amazônia, a criação de projetos de assentamentos rurais tinha como finalidade conceder terra às famílias que não possuíam áreas para trabalhar e ter o seu sustento, bem como conseguir renda com a produção e venda de alimentos em núcleos urbanos, exploração e comercialização de madeiras a serrarias, mas esse modelo produtivo trouxe efeitos negativos ao meio ambiente nas regiões onde foi instalado, gerando impacto sobre a floresta, tais como desmatamentos e exploração florestal ilegais (SOARES, 2017).

A dinâmica do desmatamento é específica para cada estado amazônico, gerada em consequência de distintas políticas fundiárias e processos de formação, além da heterogeneidade de ambientes, onde se pode citar a contribuição de assentados da reforma agrária com o desmatamento na Amazônia (RETTMANN, 2013). Diante disto, por meio da análise do atual uso e cobertura da terra, se pode verificar como os distintos atores e políticas envolvidas se relacionam em cada conjuntura específica na história e atualmente incidem sobre o espaço (SILVA et al., 2013).

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). Essa identificação pode ser realizada através da classificação de imagens, que consiste em um processo de obtenção de informações que contempla uma associação de técnicas, que tem como objetivo principal automatizar o agrupamento de pixels de uma imagem dentro de classes de uso e cobertura da terra (ZHAI et al., 2012).

Os tipos de classificação são divididos em supervisionados e não supervisionados, sendo a classificação supervisionada 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 conhecimento prévio sobre a área. A Máxima Verossimilhança (MAXVER) está entre os métodos de classificação supervisionada mais

utilizados, e considera a média e a covariância dos pixels amostrados para obter a probabilidade de um pixel que não pertence a amostra pertencer a ela.

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 (LEÃO et al., 2007; SILVA et al., 2011)

Dessa forma, este trabalho objetiva analisar a dinâmica temporal do desmatamento ao longo de 20 anos, suas possíveis causas e o uso do solo, em um assentamento rural no sudeste paraense na Amazônia Legal, através da classificação supervisionada de imagens de satélites pelo método MAXVER, a fim de auxiliar políticas públicas e tomada de decisões para conservação de florestas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

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, nas coordenadas geográficas de latitude 02°56'50,85" S e Longitude 46°43'59,51" O. A localização da área de estudo pode ser observada na Figura 1.

A geologia do município predomina os solos como o podzólico vermelho-amarelo, gleys e eutróficos e distróficos e solos aluviais eutrófico distrófico, terra roxa estruturada eutrófica, latossolo vermelho-amarelo distrófico e solos litólicos distróficos (IBGE, 2007).

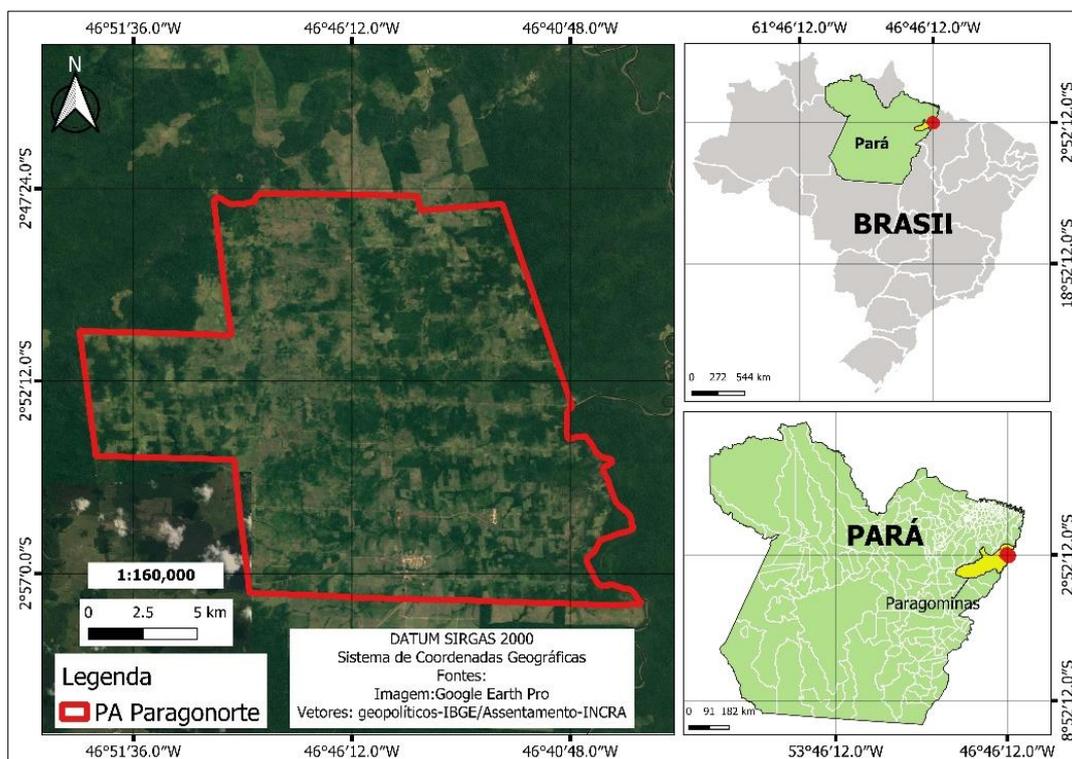


Figura 1 – Mapa de localização do assentamento Paragonorte em Paragominas - PA.

A região está situada no bioma amazônico, cujo clima é do tipo Aw, pela classificação de Köppen, isto é, tropical chuvoso com estação seca bem definida, em que a temperatura média anual é de 26,3 °C e a umidade relativa do ar apresenta média anual de 81%, e precipitação média anual de 1.742,9 mm, com duas estações, uma chuvosa que vai de dezembro a maio e outra menos chuvosa de junho a novembro (BASTOS et al., 2005).

Dados utilizados

A série temporal estudada corresponde 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.

As imagens Landsat 5 e 8 foram obtidas no endereço eletrônico <http://earthexplorer.usgs.gov/>. O arquivo vetorial (“shapefile”) do assentamento rural foi obtido junto ao site <http://acervofunduario.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.

Foi selecionada a imagem do ano de 1998, devido o Projeto de Assentamento Paragonorte ter sido criado pela Portaria/INCRA N° 09 em 26 de Fevereiro de 1998 (INCRA, 2020), para verificar as alterações na cobertura vegetal e uso do solo a partir desse ano. A imagem do ano de 2008 foi escolhida, porque nesse ano houve a inclusão dos projetos de assentamentos do INCRA na lista dos maiores desmatadores da Amazônia (LE TOURNEAU e BURSZTYN, 2010), sendo também o ano em que Paragominas foi inserida na lista dos municípios prioritários para ações de prevenção e controle dos desmatamentos na Amazônia (BRASIL, 2008). Já a imagem do ano 2018, foi selecionada devido ser a imagem mais atual a conter menor incidência de nuvens durante o desenvolvimento desse trabalho.

Procedimentos metodológicos

Todo o geoprocessamento foi realizado através do “software” Qgis 3.6 Noosa, onde foi realizada a composição colorida RGB para a criação de uma imagem multiespectral, utilizando a combinação 6, 5, 4 para as bandas do Landsat 8 OLI e 5, 4, 3 para o Landsat 5 TM, que são recomendadas para realizar análise de vegetação (USGS, 2016).

Após a composição, realizou-se o georreferenciamento das três imagens multiespectrais (anos 1998, 2008 e 2018), utilizando 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 (COELHO, 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/>. As imagens georreferenciadas foram recortadas, delimitando o assentamento Paragonorte.

Para gerar os dados do estudo, foi selecionada a classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança (MAXVER), onde cada pixel é destinado à classe que tem a mais alta probabilidade. Isto 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 Equação (1):

$$x \in \omega_i \text{ se } p(x \vee \omega_i)p(\omega_i) > p(x \vee \omega_j)p(\omega_j)$$

onde, a probabilidade $p(x \vee \omega_i)$ permite a possibilidade de x pertencer à classe ω_i e $p(\omega_i)$ é a probabilidade de a classe ocorrer na imagem, que realmente é conhecida das áreas de treinamento e independente de quantas forem as classes de treinamento selecionadas, igualmente serão $p(x \vee \omega_j)$.

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. Portanto, utilizando as classes definidas para o Projeto TerraClass (COUTINHO et al., 2013) e o conhecimento prévio sobre área de estudo, as imagens de satélite utilizadas nesse trabalho foram classificadas em: floresta – área de floresta primária em que não ocorreu a retirada total da vegetação; vegetação secundária – área na qual, após supressão total da vegetação, encontra-se em processo avançado de regeneração; mosaico de ocupações – área representada por uma associação de diversas modalidades de uso da terra; área urbana – manchas urbanas decorrentes da concentração populacional; hidrografia: – corpos de água; e área não observada – áreas que tiveram sua interpretação impossibilitada pela presença de nuvens ou sombra de nuvens e áreas recentemente queimadas.

Depois da definição das classes, foi definida a quantidade de pixels acima de uma centena para cada amostra de treinamento (RICHARDS e JIA, 2006; CRUZ et al., 2009). Dessa forma, foi feita a vetorização dos pixels das imagens a fim de quantificá-los, os quais corresponderam a 356.680 pixels por imagem.

Após o treinamento do algoritmo, foi realizada a classificação supervisionada pelo método MAXVER, utilizando o limiar de aceitação de 100% para a classificação de todos os pixels (CRUZ et al. 2009; SANTOS et al., 2010). Todo o procedimento de treinamento do algoritmo e a classificação, foi realizado pelo complemento SCP Dock do QGIS.

As imagens raster produtos das classificações foram transformados em arquivos vetoriais, depois foi realizada a quantificação das áreas de cada classe dos respectivos anos, sendo possível extrair as informações quantitativas, o que possibilitou a geração de dados de acréscimos e decréscimos em cada classe de uso e cobertura do solo no período estudado, cujos dados foram planilhados no Excel 2010 para organização, geração de tabelas e gráficos.

Para avaliar a acurácia da classificação, foi gerado um arquivo vetorial de pontos de validação, cuja quantidade foi calculada utilizando o método de distribuição multinomial proposto por Congalton e Green (1957), conforme Equação (2):

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

onde N é o número de amostras; B é obtido de uma tabela de distribuição de qui-quadrado com um grau de liberdade igual a $1 - \alpha/k$; 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.

A variável B foi gerada com o auxílio do software Excel, através da Equação (3):

$$B = INV. QUIQUA(probabilidade; graus_{liberdade})$$

Na definição do tamanho de todas as amostras de validação, o nível de confiança desejado foi de 95%, logo o erro admissível é 5% ($\alpha = 0,05$); o número de classes utilizadas no trabalho foram 6 ($k = 6$). Dessa forma temos: (*probabilidade*) $P = 1 - 0,05 \cdot 6^{-1} = 0,9917$. Na equação (3) temos então: $INV. QUIQUA(0,9917; 1) = 6,96757291$. Dessa forma, $B = 6,96757291$ para as classificações dos anos estudados, e o erro máximo admissível desejado é de 5% ($b = 0,05$).

Para a classificação do ano 1998, a classe de maior proporção foi a vegetação secundária, ocupando 43,40% da área do mapa ($\Pi_i = 0,4340$), dessa forma, o tamanho da amostra será: $N = 6,96757291 (0,4340) (1-0,4340) (0,05)^{-2}$; $N = 684,62 \cong 685$ 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 ($\Pi_i = 0,3892$), logo temos: $N = 6,96757291 (0,3892) (1-0,3892) / (0,05)^2$; $N = 662,54 \cong 663$ pontos.

Novamente a classe com maior ocupação de cobertura do solo, para o ano de 2018, foi a vegetação secundária com 40,63% ($\Pi_i = 0,4063$) dessa forma, o tamanho da amostra é: $N = 6,96757291 (0,4063) (1-0,4063) (0,05)^{-2}$; $N = 672,29 \cong 673$ pontos.

Todos os valores da quantidade de pontos de validação foram aproximados para o maior valor inteiro. Assim, com a quantidade de pontos amostrais definidas para cada ano estudado, estes foram distribuídos de forma aleatória (RESCK, 2009), dentro dos limites do assentamento Paragonorte, nas três imagens classificadas dos respectivos anos, em que 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. Através dos valores obtidos nessa verificação, foi possível gerar a matriz de confusão e o índice Kappa geral (COHEN, 1960). O índice de Kappa geral foi calculado pela Equação (4):

$$K = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k (n_{i+} n_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^k (n_{i+} n_{+i})}$$

onde, n_{ii} é o número total de amostras corretamente classificadas da classe K ; n_{i+} corresponde ao número total de amostras classificadas da classe K ; n_{+i} é o número total de amostras coletadas da classe K ; e n o número total de amostras.

Para verificar a acurácia das classes, foram gerados os índices de Kappa condicional do usuário que indica os erros de comissão em cada classe, ou seja, adição de uma área dentro

de uma classe a qual ela não pertence (Equação 5), e o do produtor que indica os erros de omissão, isto é, a exclusão de uma área da classe a qual ela pertence (Equação 6) (ROSSITER, 2004). Esses índices são calculados no mesmo princípio do índice de Kappa global, contendo as mesmas variáveis.

Equação 5:

$$K_u = \frac{nn_{ii} - n_{i+}n_{+i}}{nn_{i+} - n_{i+}n_{+i}}$$

Equação 6:

$$K_p = \frac{nn_{ii} - n_{i+}n_{+i}}{nn_{+i} - n_{i+}n_{+i}}$$

Para a avaliação dos valores do índice de Kappa, foram utilizados os parâmetros propostos por Landis e Koch (1977), que os associam à qualidade da classificação em: menor que 0,00 = ruim; 0,00 a 0,20 = fraca; 0,21 a 0,40 = razoável; 0,41 a 0,60 = moderada; 0,61 a 0,80 = substancial; e 0,81 a 1,00 = quase perfeita.

Por fim, 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. O coeficiente de correlação linear de Pearson é uma medida de associação linear entre variáveis, podendo variar de -1 a 1 e pode ser obtido pela Equação (7).

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{xi - \bar{X}}{sx} \right) \left(\frac{yi - \bar{Y}}{sy} \right)$$

onde, r é o coeficiente de correlação linear de Pearson; n é tamanho da amostra; x e y são as variáveis de interesse; \bar{Y} é a média da amostra da variável y ; \bar{X} corresponde à média da amostra da variável x ; sx é o desvio padrão para a variável x ; sy é o desvio padrão para a variável y ; xi e yi são os pontos de amostra individuais indexados com i .

Foi analisada a intensidade das relações entre as variáveis conforme proposto por Dancey e Reidy (2006), em que r igual a -1, correlação linear perfeita negativa; r igual a +1, correlação perfeita positiva; r de +0,7 a +0,9, correlação forte positiva; r de -0,7 a -0,9, correlação forte negativa; r de +0,4 a +0,6, correlação moderada positiva; r de -0,4 a -0,6, correlação moderada negativa; r de +0,1 a +0,3, correlação fraca positiva; r de -0,1 a -0,3, correlação fraca negativa; r igual a 0, ausência de correlação linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a acurácia das classificações, 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 e KOCH, 1977) o que aponta concordância entre os mapas temáticos gerados e as imagens de satélite utilizadas no estudo. Os índices de Kappa condicional do usuário (erros de comissão) variaram de 0,85 a 0,98, e o do produtor (erros de omissão) variaram de 0,88 a 0,98, em todas as classificações, indicando que embora haja erros de comissão e omissão, as classes apresentam classificação aceitável, de acordo com a escala de Landis e Koch (1977), o que demonstra que os dados gerados são confiáveis (Tabela 1).

Os dados gerados demonstram que no ano de 1998 a área de floresta representava 25,47% do assentamento e a vegetação secundária 43,40%, sendo predominantes. Através do somatório das classes ‘vegetação secundária’, ‘mosaico de ocupações’ e ‘área urbana’, é atestado que até esse ano o assentamento já havia sofrido alterações na classe floresta em um cumulativo de 60,47%, indicando a supressão de floresta nativa para instalação de atividades ligadas ao uso do solo. 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 desmatamento realizado de 1970 a 1999, gerado em função das primeiras formas de uso da terra, como a pecuária.

Tabela 1. Matriz de confusão e índices de Kappa para classificação das imagens de satélite. *Classes: Floresta (A). b Vegetação secundária (B). Mosaico de ocupações (C). Área urbana (D). Hidrografia (E). Área não observada (F).

Classificação	Referência						Total	Kappa (usuário)	Kappa (produtor)	
	A*	B*	C*	D*	E*	F*				
IMAGEM 1998	A*	166	5	0	0	1	1	173	0,95	0,98
	B*	3	298	1	0	0	0	302	0,98	0,95
	C*	0	1	80	1	0	0	82	0,97	0,96
	D*	0	0	1	33	0	0	34	0,97	0,94
	E*	0	2	0	0	29	3	34	0,85	0,93
	F*	0	0	1	1	1	57	60	0,95	0,93
	Total	169	306	83	35	31	61	685		
Kappa geral									0,95	
IMAGEM 2008	A*	84	7	1	0	0	2	94	0,88	0,92
	B*	5	244	2	0	0	0	251	0,95	0,94
	C*	0	3	208	1	0	0	212	0,97	0,95
	D*	0	0	3	26	0	0	29	0,89	0,96
	E*	0	0	1	0	31	3	35	0,88	0,94
	F*	1	0	1	0	2	38	42	0,90	0,88
	Total	90	254	216	27	33	43	663		
Kappa geral									0,93	
IMAGEM 2018	A*	54	7	0	0	0	1	62	0,86	0,94
	B*	3	250	4	0	0	0	257	0,96	0,93
	C*	0	4	225	1	0	0	230	0,97	0,95
	D*	0	0	2	20	0	0	22	0,91	0,95
	E*	0	0	1	0	25	1	27	0,92	0,89
	F*	0	0	1	0	3	71	75	0,94	0,97
	Total	57	261	233	21	28	73	673		
Kappa geral									0,94	

Fonte: autores

No ano de 2008, após 10 (dez) anos da criação do assentamento Paragonorte, apenas 15,15% de sua área era coberta por floresta. A classe Vegetação secundária também diminuiu, ocupando 38,92%, no entanto, manteve-se predominante. Em contrapartida, Mosaico de ocupações aumentou sua proporção de cobertura dentro do assentamento, saltando de 16,89% para 37,84%, dessa forma, houve acréscimo na área de uso do solo para as atividades como agricultura e pecuária.

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 entre os municípios que mais desmatavam essa floresta (BRASIL, 2008; LE TOURNEAU e BURSZTYN, 2010). Em relação a esse cenário de Paragominas, Silva et al. (2011) evidenciam que a classe

Floresta apresentou decréscimo significativo do ano 1991 a 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 et al. (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.

No ano de 2018, o assentamento Paragonorte, já com 20 anos desde a sua criação, possui 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, ocupando 40,60% da área do assentamento, mantendo-se crescente. A área urbanizada reduziu para 0,21%, indicando êxodo rural. 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 et al (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 estejam 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. A figura 2 apresenta o mapa temático gerado pela classificação supervisionada das imagens dos anos estudados.

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 2 são apresentados os dados gerados, sendo expressos em hectares e porcentagens. Tais dados repassam as informações das áreas ocupadas por classe de cobertura do solo no período analisado, possibilitando o conhecimento da dimensão das modificações ocorridas através da comparação entre os anos. 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.

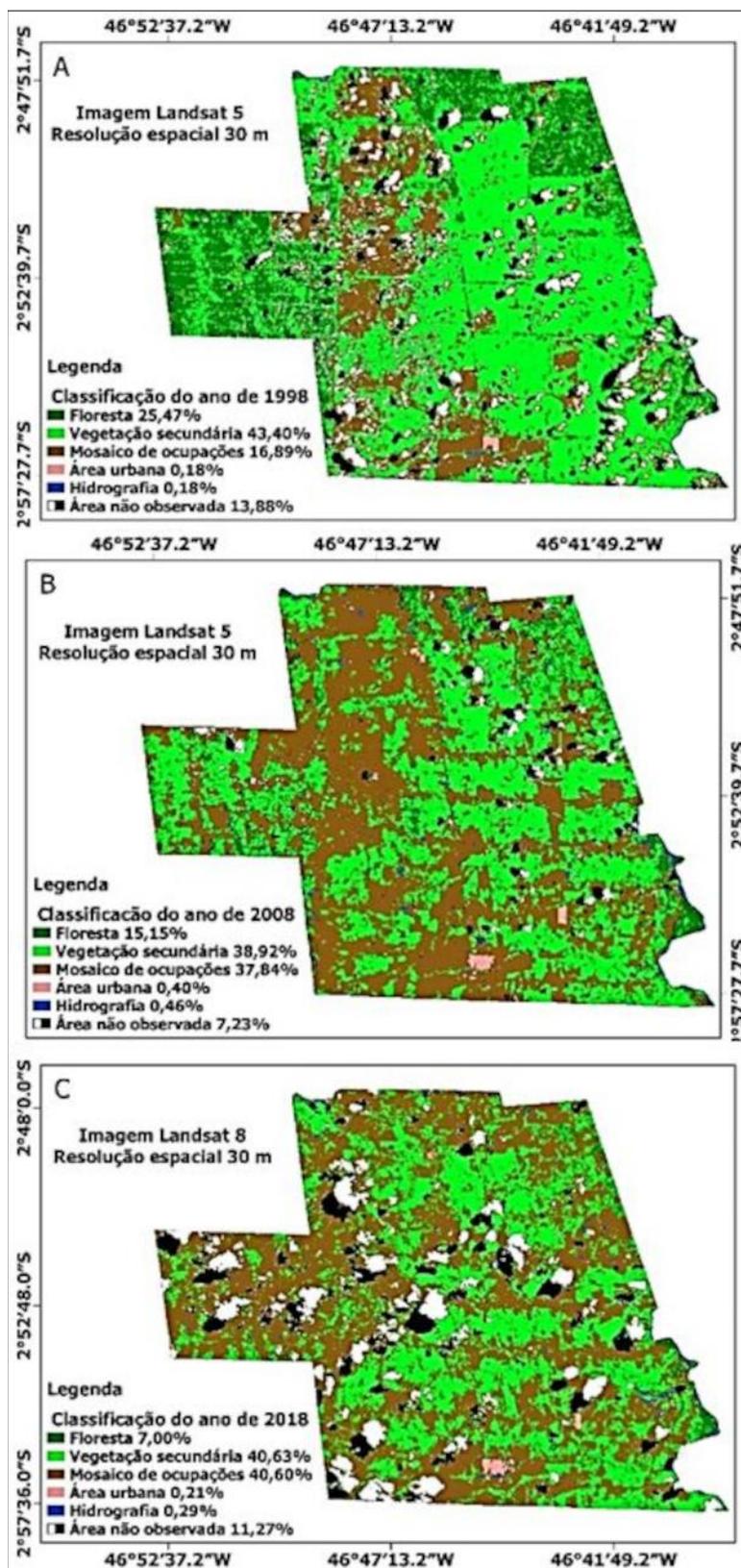


Figura 2. Mapa temático de uso e cobertura do solo do assentamento Paragornte: ano 1998 (A); ano 2008 (B); ano 2018 (C).

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 (ALENCAR et al., 2016).

Tabela 2. Dados gerais das classificações supervisionadas do uso e ocupação do solo do ano 1998 a 2018. *Classes: Floresta (A); Vegetação secundária (B); Mosaico de ocupações (C); Área urbana (D); Hidrografia (E); Área não observada (F).

Classes	Ano 1998		Ano 2008		Ano 2018		Acréscimos e decréscimos		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	1998 a 2008	2008 a 2018	1998 a 2018
A*	8.176,14	25,47	4.861,98	15,15	2.246,58	7,00	-40,53	-53,79	-72,52
B*	13.933,26	43,40	12.495,24	38,92	13.041,36	40,63	-10,32	+4,37	-6,40
C*	5.420,34	16,89	12.146,94	37,84	13.032,99	40,60	+124,10	+7,29	+140,45
D*	58,50	0,18	127,62	0,40	68,04	0,21	+118,15	-46,69	+16,31
E*	58,14	0,18	148,41	0,46	93,24	0,29	+155,26	-37,17	+60,37
F*	4.454,82	13,88	2.321,01	7,23	3.618,99	11,27	-40,53	-53,79	-72,52

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.

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. 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.

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. As elevadas taxas de desflorestamento comprovam a falta de sustentabilidade ambiental desses assentamentos, pois demandam a retirada anual de novas áreas de floresta e a queima para garantir melhor produtividade nos ciclos de produção agrícola. A dificuldade ao acesso de políticas públicas que podem permitir os assentados adquirirem um pacote tecnológico menos agressivo ao meio ambiente, potencializa esse contexto (KATO et al., 2010).

A Figura 3 apresenta os gráficos de dispersão que demonstram o comportamento das classes de uso e cobertura do solo em relação aos anos estudados, onde é possível verificar visualmente que as únicas classes que apresentam linearidade são Floresta e Mosaico de ocupações, indicado que há uma relação linear entre essas duas classes e os anos estudados, demonstrando que enquanto a Floresta diminui com o passar dos anos, Mosaico de ocupações cresce. Essa relação inversamente proporcional entre essas classes está representada na Figura 3 (F).

Embora seja possível verificar visualmente que há correlação entre as classes Floresta e Mosaico de ocupações e destas em relação a variável tempo, faz-se necessário saber qual é o nível dessa associação.

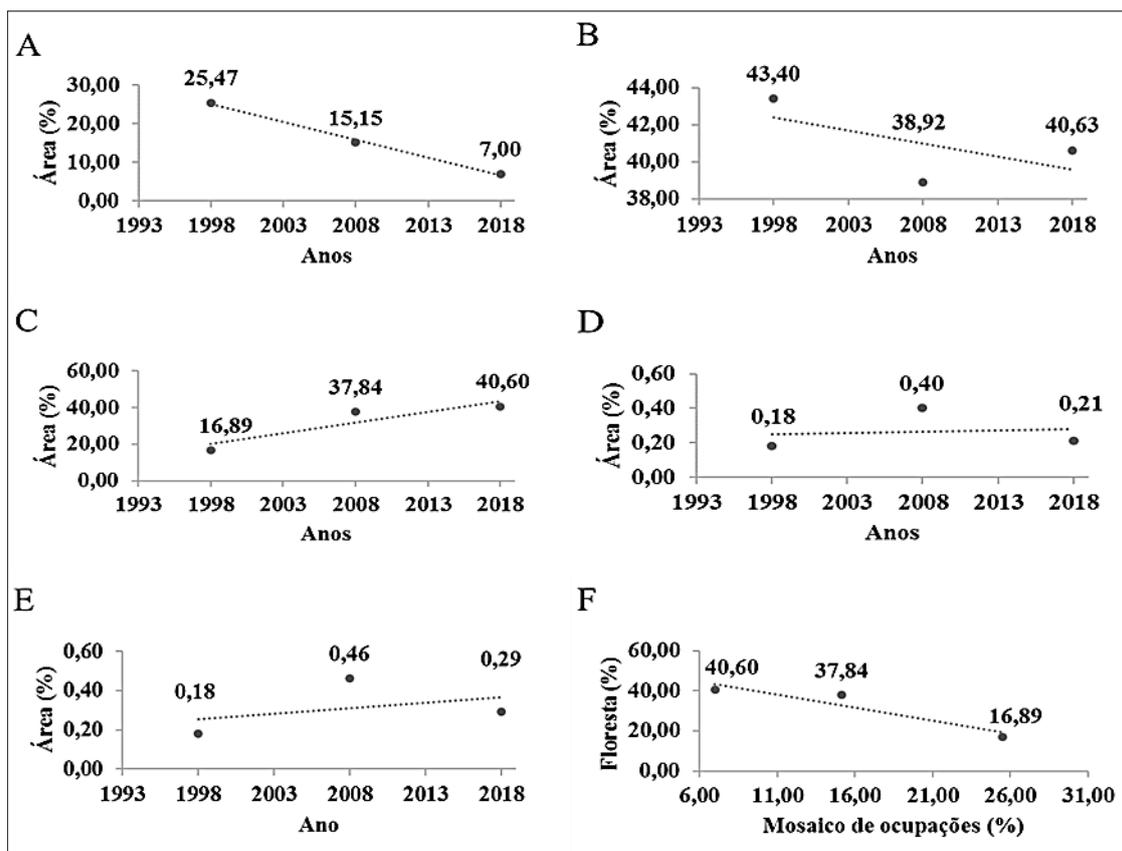


Figura 3 – Gráficos de dispersão do comportamento das classes de uso e cobertura do solo. Floresta (A);

A tabela 3 apresenta os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) gerados entre as variáveis tempo (anos) e classes de uso e cobertura do solo (em porcentagem), e entre as classes Floresta e Mosaico de ocupações (em porcentagem).

Tabela 3. Resultado dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre a variável tempo e classes de uso e ocupação do solo e entre as classes Mosaico de ocupações e Floresta.

	Tempo - Floresta	Tempo - Vegetação secundária	Tempo - Mosaico de ocupações	Tempo - Área urbana	Tempo - Hidrografia	Mosaico de ocupações - Floresta
Coefficiente de correlação linear de Pearson (r)	-0,998	-0,613	0,914	0,126	0,390	-0,940

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.

No estudo realizado por Amorim et al. (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, decrescendo 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 Le 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.

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 que são representadas pela classe Mosaico de ocupações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

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, o que é reflexo das primeiras formas de 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 também 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 e permitindo a regeneração natural da floresta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Deus, ao Instituto Federal do Pará pela oportunidade de realização deste trabalho e aos seus familiares pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Ane.; PEREIRA, Cassio.; CASTRO, Isabel.; CARDOSO, Alcilene; SOUZA, Lucimar; COSTA, Rosana; BENTES, Antônio J.; STELLA, Osvaldo; AZEVEDO, Andrea; GOMES, Jarlene; NOVAES, Renata. **Desmatamento nos assentamentos da Amazônia: histórico, tendências e oportunidades**. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), 2016. 114p. Disponível em: < <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2016/02/Desmatamento-nos-Assentamentos-da-Amaz%C3%B4nia.pdf>> Acesso em 21 jun. 2020.

AMORIM, Ismael A.; VIDAL, Maria R.; MELLO, Andrea H. DE. Dinâmica do uso e cobertura do solo e suas influências na transformação da paisagem do assentamento 26 de março. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 3, 2018, Marabá. **Anais...** PROPIT Unifesspa, 2018. p. 1-8. Disponível em: < https://epg.unifesspa.edu.br/images/Artigos/EPG_2018/Ismael-Alves-Amorim.pdf> Acesso em 02 jul. 2020.

BASTOS, Therezinha X.; PACHÊCO, Nilza A.; FIGUEIRÊDO, Ricardo DE O.; SILVA, Glacia DE F. G. DA S. **Características agroclimáticas do Município de Paragominas**. 1 ed. Documento 228. Belém: Embrapa, 2005. 21p.

BRANDÃO JUNIOR., Amintas; SOUZA JUNIOR., Carlos. **Deforestation in Land Reform Settlements in the Amazon**: relatório n.7. Belém: Imazon, 2006. 4p. Disponível em: <https://imazon.org.br/PDFimazon/Ingles/the_state_of_amazon/deforastantion_land.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL. **Portaria n.º 28, de 24 de Janeiro de 2008**. Dispõe sobre os Municípios situados no Bioma Amazônia onde incidirão ações prioritárias de prevenção, monitoramento e controle o desmatamento ilegal. Diário Oficial da União. Brasília, DF, n. 18, 25 jan. 2008. Seção 1, p. 70. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr/_arquivos/portaria_mma_n_28_de_24012008_munic_prioritrios_para_o_controle_do_desmatamento_na_amaznia_138.pdf>Acesso em: 17 jul. 2020.

COELHO, Aline. L. **Banco de pontos de controle do IBGE**. Apresentação, 17. nov. 2015. slide, Brasília-DF. Disponível em: <https://www.concar.gov.br/temp/252@IBGE_AlineLopesCoelho.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

COHEN, Jacob. **A coefficient of agreement for nominal scales**. New York: Educational and Psychological Measurement, 1960. v. 20, n. 1, p. 37-46. DOI:10.1177/001316446002000104.

CONGALTON, Russel G; GREEN, Kass. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. 2ª ed. New York: CRC Press, 1957. Disponível em: <<https://epdf.pub/queue/assessing-the-accuracy-of-remotely-sensed-data-principles-and-practices-second-e.html>>. Acesso em 18 de jul. 2020.

COUTINHO, Alexandre C.; ALMEIDA, Cláudio; VENTURIERI, Adriano; ESQUERDO, Júlio C. D. M.; SILVA, Maurício. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal**: TerraClass 2008. 1º ed. Brasília, DF: Embrapa; Belém: INPE, 2013. 107p. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/960817/uso-e-cobertura-da-terra-nas-areas-desflorestadas-da-amazonia-legal-terraclass-2008>>. Acesso em: 18 de jul. 2020.

CRUZ, Zargo Q. DA; SILVEIRA, Juliane C.; RIBEIRO, Gilberto P. Ensaios de segmentação e classificação digital de uma unidade de conservação com imagens CBERS utilizando o sistema SPRING estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 6853–6860. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.09.55/doc/6853-6860.pdf>. Acesso em: 18 de jul. 2020.

DANCEY, Christine P.; REIDY, John. **Estatística sem matemática**: para psicologia usando SPSS para Windows / Statistics without maths: for psychology using SPSS for Windows. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 611p.

FEARNSIDE, Philip. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, Manaus. v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FLORENZANO, Teresa. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de pedologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Projetos de reforma agrária conforme fases de implementação. Relatório do Período de Criação dos Projetos**: relatório n. 0227. 2020. 334p. Disponível em: < <http://www.incra.gov.br/media/docs/reforma-agraria/assentamentos-geral.pdf> >. Acesso em: 10 jul. 2020.

KATO, Osvaldo R.; VASCONCELOS, Steel S.; FIGUEIREDO, Ricardo DE O.; CARVALHO, Claudio J. R. DE; SÁ, Tatiana D.de A.; SHIMIZU, Mauricio K. 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., 2010, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa, 2010 p. 1-29. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30601/1/osvaldoryohei.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

LANDIS, J. R.; KOCH, Gary. G. The Measurement of observer agreement for categorical data. **International Biometrics Society**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977. DOI:10.2307/2529310.

LE TOURNEAU, F.-M.; BURSZTYN, M. Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 111-130, 2010. DOI: 10.1590/S1414-753X2010000100008.

LEÃO, Caroline; KRUG, Lilian A.; KAMPEL, Milton; FONSECA, Leila 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: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 939-946. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.01.10/doc/939-946.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

LUDEWIGS, Thomas; D'ANTONA, Alvaro DE O.; BRONDÍZIO, Eduardo S.; HETRICK, Scott. Agrarian structure and land-cover change along the lifespan of three colonization areas in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 37, n. 8, p. 1348-1359, 2009. DOI: 10.1016/j.worlddev.2008.08.018.

OSIS, Reinis; LAURENT, François; POCCARD-CHAPUIS, René. 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, 11., 2016, Castanhal, Brasil. **Anais...** Castanhal: SICOOPES, 2016. p. 1-14. Disponível em: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02270260/document>. Acesso em: 18 Março de 2019.

PASQUIS, Richard; SILVA, Alessandra V. DA; WEISS, Joseph; MACHADO, Luciana. « Réforme agraire » en Amazonie : bilan et perspectives. **Cahiers Agricultures**, v. 14, n. 1, p. 35- 39, 2005.

PINHO, Bianca C. P. **Desmatamento e uso e cobertura da terra: um estudo de caso no assentamento de reforma agrária Paragonorte, Pará**. 2014. 82 p. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais) - Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/7640>. Acesso em: 31 de mar. 2019.

RESCK, Bruno DE C. **Avaliação de diferentes métodos de classificação de imagem IKONOS para mapeamento do uso e cobertura terrestre**. 2009. 50 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <http://www.novoscursos.ufv.br/graduacao/ufv/geo/www/wp-content/uploads/2013/08/Bruno-de-Carvalho-Resck.pdf>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

RETTMANN, Ricardo. **Redução do desmatamento na Amazônia por meio da intensificação da pecuária em assentamentos de reforma agrária**. 2013. 109 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/14494>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

RICHARDS, John A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 4 ed. Berlin: Springer, 2006. 494p.

ROSSITER, David G. **Technical Note**: Statistical methods for accuracy assesment of classified thematic maps. 2004. 46 p.

SANTOS, Alexandre R. DOS; PELUZIO, Telma M. DE O.; SAITO, Nathália S. **SPRING 5.1.2. passo a passo**: Aplicações Práticas. Alegre - ES: CAUFES, 2010. 153p.

SILVA, Laryssa DE C. T. DA; RODRIGUES, Thanan W. P.; FARIAS, Taise P.; ALMEIDA, Cláudio A. Mapeamento do uso e cobertura da terra em áreas desflorestadas no município de Paragominas - PA nos anos de 1991 e 2008. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 6658-6665. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.12.12.09/doc/p1206.pdf>. Acesso em: 18 mar. de 2019.

SILVA, Mauricio; NASCIMENTO, Cláudia P.; COUTINHO, Alexandre C.; ALMEIDA, Cláudio A.; Venturieri, Adriano; ESQUERDO, Júlio C. D. M. A transformação do espaço amazônico e seus reflexos na condição atual da cobertura e uso da terra. **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, n. 1, p. 229-248, 2013.

SOARES, Marcelo P. **Assentamentos rurais sustentáveis na Amazônia**. 2017. 143 p. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental) - Escola Superior de Ciências Sociais, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2017.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Landsat - earth observation satellites. 2016**. Fact Sheet. Disponível em: < <https://pubs.usgs.gov/fs/2015/3081/fs20153081.pdf> >. Acesso em: 17 jul. 2020.

VALE, Jones R. B.; COSTA, Jamer A. DA; SANTOS, Jefferson F. DOS; SILVA, Elton L. S. DA; FAVACHO, Artur T. 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**, v. 4, n. 13, p. 26-44, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v4n13p26-44>. Acesso em: 18 de Mar. 2019.

ZHAI, Liang; SUN, Jinping; SANG, Huiyong; YANG, Gang; JIA, Yi. Large area land cover classification with landsat etm+ images based on decision tree. In: ISPRS CONGRESS ISPRS, 22, 2012, Melbourne, Australia. **Anais...** Melbourne, Australia: ISPRS, 2012. p. 421-426. 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.