



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓREITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**SOLOS DA REGIÃO SUDESTE DO MUNICÍPIO DE
SANTARÉM ESTADO DO PARÁ: MAPEAMENTO E
CLASSIFICAÇÃO**

JOSAN FLAVIO GONÇALVES DA ROCHA

Santarém, Pará

Março, 2014

JOSAN FLAVIO GONÇALVES DA ROCHA

**SOLOS DA REGIÃO SUDESTE DO MUNICÍPIO DE
SANTARÉM, ESTADO DO PARÁ: MAPEAMENTO E
CLASSIFICAÇÃO**

ORIENTADOR: DR. RAIMUNDO COSME DE OLIVEIRA JUNIOR
(Pesquisador A Embrapa Amazônia Oriental)

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera.

Santarém, Pará

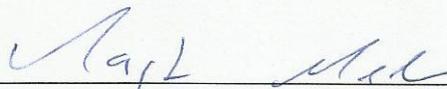
Março, 2014

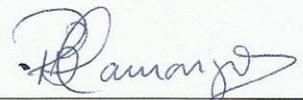
“SOLOS DA REGIÃO SUDESTE DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM ESTADO DO PARÁ: MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO.”

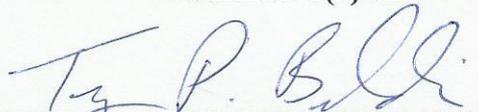
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais, Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em 19 de março de 2014.

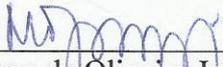
Prof. Dr. Luis Reginaldo Ribeiro Rodrigues (UFOPA)
Coordenador(a) do PGRNA

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:


Prof(a). Dr(a). Nagib Jorge Melem Junior (EMBRAPA)
Examinador(a) 01


Prof(a). Dr(a). Plínio Barbosa Camargo (CENA/USP)
Examinador(a) 02


Prof(a). Dr(a). Troy Patrick Beldini (UFOPA)
Examinador(a) 03


Prof(a). Dr(a). Raimundo Cosme de Oliveira Junior (EMBRAPA)
Orientador(a)

Santarém - PA, 19 março, 2014.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

R672s Rocha, Josan Flavio Gonçalves da
Solos da região sudeste do município de Santarém, estado do Pará :
mapeamento e classificação / Josan Flavio Gonçalves da Rocha. –
Santarém, 2014.
61 f.: il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Raimundo Cosme de Oliveira Junior.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa
de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Santarém, 2014.

1. Classificação do solo. 2. Sistema de Informação Geográfica (SIG). 3.
Santarém (PA). I. Oliveira Junior, Raimundo Cosme de, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 631.44

DEDICATORIA

Dedico este trabalho a minha esposa Juliana, pela força e compreensão nos momentos mais árduos. E a meus pais e irmãos pelos sacrifícios para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, por ter me dado saúde, força e sabedoria para chegar até aqui;

Agradeço Ao Professor Cosme por ter me acolhido durante estes período de mestrado sob sua orientação, por acreditar no meu trabalho, pelos ensinamentos e acima de tudo pelo respeito e a dedicação a seus orientados e a pesquisa;

Agradeço à minha esposa Juliana que esteve sempre do meu lado durante esse período, me dando carinho, conselhos e ajuda sempre que precisei;

Agradeço aos meus pais José Benedito Gonçalves e Maria de Fátima Gonçalves da Rocha por todos os sacrifícios que fizeram para que eu realizasse os meus sonhos, aos meus irmãos Janilson Janiélis e Jaidson pela confiança e o apoio que eles me deram;

Agradeço ao INCRA por me disponibilizar horários para a realização deste trabalho

Agradeço a Juliano Gallo pelas contribuições e compartilhamento de conhecimento e a todos os colegas de trabalho do INCRA de Santarém.

Agradeço à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia -PGRNA da Universidade Federal do Oeste do Pará pelo apoio;

Agradeço a todos os Professores que ministraram as disciplinas que possibilitaram um aumento do conhecimento colaborando em muito para o desenvolvimento de todos os trabalhos;

Agradeço aos amigos da UFOPA Prof^a Rosa Helena, Prof. Ricardo, Luciana, Wania, Leomara Cárliison, Alessandra e aos demais colegas do mestrado pelas contribuições, amizade e compartilhamento de experiências.

Agradeço a todos os amigos contribuíram direta ou indiretamente com este trabalho

Muito Obrigado!

Rocha, Josan Flávio Gonçalves. **Solos da região sudeste do Município de Santarém, estado do Pará: Mapeamento e Classificação. 2014, 50P. Dissertação Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Santarém, Pará, 2014**

RESUMO

O processo de utilização das terras com atividades agrícolas, sem estudos e orientações prévias, pode ocasionar problemas graves de degradação do solo, além de não garantir a sustentabilidade da atividade agrícola que se deseja. Os mapas de solos são essenciais para o desenvolvimento de áreas agrícolas economicamente viáveis e com baixo impacto ambiental. A maioria dos levantamentos de solos no Brasil apresentam pouco detalhamento, principalmente na região amazônica, que carece de informações e mapas de solo. O objetivo deste trabalho elaborar um mapa de reconhecimento de solos com intensidade média (escala 1:100.000) de uma área a leste dos municípios de Santarém-PA com a finalidade de fornecer informações mais detalhadas dos solos desta região de estudo, auxiliando no desenvolvimento das atividades agrícolas, ambientais e acadêmicas. Na elaboração do mapa de solo semidetalhado foram utilizadas imagens de satélite Landsat- 5, imagens de radar com Modelo Digital de Elevação - MDE (SRTM, 2000), juntamente com as informações coletadas no campo através de coleta de amostras de solos. O sistema de informação geográfica (SIG) utilizado foi o software gratuito QGIS, que minimizou custos e apresentou boa qualidade e precisão durante o processo de mapeamento e investigação da área. As cotas de altimetria na área variaram de 6 a 250 m e a classe de declividade predominante variou de 3 a 8% (relevo suave ondulado). Os resultados mostram que os Latossolos Amarelo Distrófico, textura argilosa e média, constituem a maior proporção com 68,25 % do total da área pesquisada. Em porções de alta inclinação ocorreram Argissolos Amarelos enquanto que próximo a cursos d'água ocorreram Gleissolo Háplico.

Palavras – Chave: Levantamento de solos, mapa de Solos, Amazônia, Sistema de Informação Geográfica

Rocha, Josan Flávio Gonçalves. **Solos da região sudeste do Município de Santarém, estado do Pará: Mapeamento e Classificação. 2014, 50-P** Dissertação Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Santarém, Pará, 2014

ABSTRACT

The process of land use with agricultural activities, studies and without advance directives, can cause serious soil degradation, and does not guarantee the sustainability of agricultural activity that is desired. Soil maps are essential for the development of economically viable agricultural areas with low environmental impact. Most soil surveys in Brazil have little detail, particularly in the Amazon region, which lacks information and soil maps. The aim of this study was to elaborate a map of reconnaissance soil medium intensity (scale 1:100,000) of an area east of the municipalities of Santarém - PA in order to provide more detailed information of the soils of this study area, assisting in the development of activities agricultural, environmental and academic. To make maps semidetained soil were used satellite images of Landsat-5 in 5R4G3B colored composition, Radar images with Digital Elevation Model - DEM (SRTM, 2000), together with information gathered in the field by collecting samples, the Geographic information systems free (GIS). The geographic information system (GIS) was used QGIS free software, which minimized costs and showed good quality and accuracy during the process of mapping and research area. Quotas altimetry in the area ranged 6-250 m class predominant slope ranged 3-8 % (undulated relief). The results show that the Oxisols Yellow dystrophic clayey and medium constitute the largest proportion with 68.25 % of the total area surveyed. In portions of high slope Yellow PODZOLS occurred while near watercourses Epiaquic Haplustult occurred .

Key words: soil surveys, Soil maps, Amazon, Geographic Information Systems free

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
1-INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Solos	3
2.2. Levantamento convencional de solos.....	4
2.3. Tipos de levantamento de solos	5
2.4. Levantamentos de solos no Mundo, no Brasil e na região de Santarém	8
2.5 OBJETIVO	11
2.5.1 Objetivo geral.....	11
2.5.2. Objetivos específicos.....	11
3. METODOLOGIA PROPOSTA	12
3.1 Descrição da área de Estudo	12
3.1.1. Localização	12
3.1.2 Clima	13
3.1.4 Geologia.....	13
3.1.5 Vegetação	14
3.1.6 Hidrografia.....	15
3.1.7 Solos levantados no município de Santarém.....	16
3.1.8. Geomorfologia.....	16
3.2. Coleta de informações e cartografia dos solos.....	17
3.2.1 Validação dos dados em campo.....	19
3.3. Características diferenciais para classificação dos solos.....	19
3.4. Saturação por Bases	20
3.5. Classes de Textura.....	20

3.6 Relevo.....	21
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Levantamento e Classificação dos Solos.....	22
4.2 Mapeamento e Descrição Morfológica dos Solos Identificados	27
4.2.1 Latossolo Amarelo	30
4.3 Mapeamento e descrição completa dos Solos da margem direita do Rio Tapajós, nos município de Santarém, do Município e Mojui dos campos	36
5 CONCLUSÕES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área em relação ao município de Santarém.....	12
Figura 3: Perfil do relevo da área.....	23
Figura 4: Mapa de altitude da área.....	23
Figura 5: Mapa de curvatura do terreno.....	23
Figura 6: LAd 1 - LATOSSOLO AMARELO distrófico coeso, A moderado, textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado.....	24
Figura 7: LAd 2 - LATOSSOLO AMARELO distrófico típico, textura média, A moderado, relevo plano e suave ondulado.....	25
Figura 8: LAd 3- LATOSSOLO AMARELO distrófico típico, textura média, A moderado, relevo plano e suave ondulado + LATOSSOLO AMARELO distrófico coeso, A moderado, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado.....	25
Figura 9: PAd - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura argilosa/muito argilosa, relevo ondulado e forte ondulado + LATOSSOLO AMARELO distrófico típico textura média relevo ondulado e forte ondulado.....	26
Figura 10: GXbd - GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico típico textura média, relevo plano e suave ondulado.....	27
Figura 11: Imagem representativa do mapa de solos da região leste do município de Santarém e margem direita do rio Curuá-Una.....	28
Figura 12: Área de solos mapeados na escala de 1:100.000, nos municípios de Mojuí dos Campos e Santarém, margem direita do Rio Tapajós.....	37
Figura 13: LAd 1 - LATOSSOLO AMARELO distrófico coeso, A moderado, textura muito argilosa.....	40
Figura 14: LAd 2 - LATOSSOLO AMARELO distrófico típico, textura média, A moderado.....	40

Figura 15: LAd 3- LATOSSOLO AMARELO distrófico típico, textura média, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Coeso, A moderado, textura argilosa.....	40
Figura 16: LAd 4- LATOSSOLO AMARELO distrófico típico, A moderado, textura argilosa.....	41
Figura 17: LAd 5 - LATOSSOLO AMARELO distrófico pálido, A moderado, textura muito argilosa.....	41
Figura 18: LAd 6- LATOSSOLO AMARELO distrófico típico, textura média, A moderado, + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado.....	41
Figura 19: LAd 7- LATOSSOLO AMARELO distrófico Concrecionário, A moderado, textura muito argilosa.....	42
Figura 20: LV- LATOSSOLO VERMELHO distrofico típico, textura argilosa, A moderado.	
Figura 21: GXbd - GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura Argilosa, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura media.....	42
Figura 22: PAd1- ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura argilosa /muitoargilosa, + LATOSSOLO AMARELO distrófico típico textura média.....	43
Figura 23: PAd 2 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura média + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura muito argilosa.....	43
Figura 24: PAd 3- ARGISSOLO AMARELO Distrófico abruptico A moderado arenosa + LATOSSOLO AMARELO distrófico Tipico textura média.....	43
Figura 25: ESg - ESPODOSSOLO FERROHUMIFLUVICO hidromórfico típico, A proeminente + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO, A moderado.....	44
Figura 26: RUve 1 - NEOSSOLO FÚLVICO Ta Eutrofico típico, A moderado, textura média, + GLEISSOLO HÁPLICO A moderado, textura siltosa.....	44
Figura 27: RUve2- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado, Plano + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, + ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média argilosa.....	44

Figura 28: RQo 1- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A proeminente, +LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado.....45

Figura 29: RQo 2- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado, Plano + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, + ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média argilosa.....45

1-INTRODUÇÃO

A agricultura atualmente tem como principais desafios produzir mais alimentos, fibras e também matérias-primas para produção de energia para uma população em crescimento. Estes fatores obrigam os produtores, principalmente nos países em desenvolvimento, a adotar métodos de produção agropecuária mais eficientes e sustentáveis (FAO, 2009).

A produção de combustíveis derivados de produtos agrícolas aumenta a pressão sobre a produção agropecuária. Além de alimentar a população, a agricultura apresenta papel de destaque na matriz energética mundial e brasileira. O debate internacional sobre o binômio agrocombustíveis (combustíveis produzidos a partir de alimentos) e segurança alimentar envolve uma diversidade de instituições internacionais, principalmente dos centros de pesquisa e desenvolvimento, universidades, entre outros (Mata *et al.*, 2009).

Segundo a FAO (2009) ainda existem amplas áreas de terra com potencial para a produção agropecuária que ainda não são utilizadas. Porém a exploração com atividade agropecuária destas áreas carece de pesquisas e estudos. A maior parte destas áreas de terra está concentrada em poucos países da África subsaariana e países da América Latina, entre eles o Brasil. No entanto grande parte desta terra com potencial a ser explorada é adequada para o cultivo de culturas que não necessariamente são as que possuem maior demanda regional. Um grande problema para a exploração destas novas áreas é que grande parte delas sofrem restrições que não podem ser facilmente superadas ou que não é viável economicamente. Estas restrições podem ser naturais, tais como fertilidade dos solos, problemas físicos do solo, falta de infraestrutura, doenças endêmicas, etc. Além disso, grande parte destas áreas estão sujeitas a expansão urbana, ou estão cobertas por florestas ou áreas protegidas, como o caso das áreas na floresta amazônica no Brasil.

Desenvolvendo sua produção agropecuária, o Brasil pode se consolidar em nível mundial como um dos principais agentes econômicos do mundo. O Brasil se destaca na produção de biocombustível, principalmente de etanol produzido a partir da cana-de-açúcar e, recentemente, na produção de biodiesel tendo a soja como importante matéria prima da produção. Na produção de alimentos o país se destaca como grande produtor mundial, um dos maiores exportadores de soja, de carne suína, de carne de frango e carne bovina, suco de laranja, café e açúcar (Ministério da Agricultura, 2010).

A expansão da produção agropecuária deve ocorrer de maneira planejada e cautelosa, pois, remetendo-se ao histórico de expansão agrícola, é comum encontrar áreas que foram

ocupadas recentemente com baixa produtividade. O fator ambiental é outro que deve ser considerado, visto que a ocupação sem as devidas práticas conservacionistas pode ocasionar danos irreparáveis ao solo, tais como a erosão. Assim, o pouco conhecimento do solo e seu manejo inadequado podem fazer com que solos produtivos passem a improdutivos ou até desérticos (Moreira, 2005).

O conhecimento da distribuição dos solos permite o planejamento das atividades agrícolas de forma a maximizar a produtividade das culturas e a reduzir a degradação ambiental. A falta de disponibilidade de levantamentos de solos em escala adequada em diversas regiões do Brasil tem como consequência a má utilização dos recursos naturais, com degradação dos solos e com obtenção de rendimentos e lucros abaixo do potencial regional (Giasson *et al.*, 2006).

A pressão pela expansão de novas áreas concentra-se principalmente na região amazônica, que é considerada uma fronteira agrícola do Brasil. Tradicionalmente, ao longo dos anos, a região apresentou um modelo de ocupação baseado na exploração dos recursos naturais visando, principalmente, a exploração da madeira, seguido de aberturas para implantação de agricultura de subsistência, áreas de pastagens ou mesmo abandono para regeneração da vegetação secundária (Venturieri *et al.*, 2007).

A partir do final da década de 1990 e início dos anos 2000, a região do Baixo Amazonas, mais precisamente os municípios de Santarém e Belterra, no estado do Pará, iniciou um novo processo de ocupação do espaço baseado na agricultura mecanizada para a produção de grãos. Uma combinação de fatores, tais como a posição geográfica, a facilidade hidrográfica de escoamento da produção, o elevado preço internacional das commodities de soja e milho, a excelente aptidão agrícola com baixo preço das terras e os incentivos governamentais, contribuíram para uma onda de imigração de produtores oriundos do norte do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, que detinham experiência e capital para iniciar um processo de utilização da terra de forma intensiva e tecnificada (Venturieri *et al.*, 2007).

No Brasil, alguns especialistas consideram estreita relação entre os aspectos socioeconômicos e o solo. Em regiões como o Estado de São Paulo e o Triângulo Mineiro, associa-se o progresso econômico à alta fertilidade de seus solos (Resende *et al.*, 2007).

No atual cenário agrícola do Brasil, o conhecimento do solo é uma ferramenta fundamental para subsidiar um desenvolvimento sustentável. Um destaque especial deve ser dado à região amazônica e, principalmente, nas áreas de avanço da agricultura. Neste

contexto, o levantamento e mapeamento de solos com maior detalhamento será uma base para futuros projetos agrícolas.

Inúmeros fatores, independentes ou correlatos (sociais, ambientais e, ou econômicos), transformam em um dever ético dos profissionais da área de solos com as populações locais, o conhecimento mais detalhado dos tipos de solos e sua distribuição geográfica e, assim, ter um controle mais efetivo das terras, aplicando técnicas adequadas a cada solo para evitar o desgaste natural e os danos ambientais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Solos

Segundo Santos *et al.* (2005), solos consiste em corpos naturais independentemente constituídos de materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas e, ou horizontes resultantes da ação dos fatores de formação, com destaque para a ação biológica e climática sobre um determinado material de origem (rocha, sedimentos minerais e orgânicos, entre outros.) e numa determinada condição de relevo, através do tempo.

O solo é um corpo tridimensional representado ou denominado como pedon. A face do pedon vai da superfície ao material de origem que pode ser tanto o contato com rochas como sedimentos. No entanto, para fins de exames, descrições e coletas dos solos, utiliza-se a unidade básica de estudo, denominado de perfil (Santos *et al.*, 2005).

Como os solos constituem corpos tridimensionais com variações horizontais e verticais a curtas distâncias, não é possível realizar seu estudo completamente. Desta forma, as informações são obtidas através do exame e da descrição dos perfis, juntamente com a coleta de materiais dos horizontes para as análises químicas e físicas necessárias para a caracterização analítica (Santos *et al.*, 2005)

A formação do solo de acordo com inúmeros autores se baseia basicamente em cinco fatores: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo (Lepsch, 2002). Em virtude de alterações em qualquer um destes fatores acarretará mudanças químicas, físicas e biológicas. Assim se explica de maneira simplificada a formação dos diferentes tipos de solo.

Para a classificação e o mapeamento, o solo é considerado como um corpo natural resultante das interações de material de origem, clima, organismos e relevo, agindo conjuntamente, em intensidades variáveis, durante um determinado período de tempo (Jenny,

1941¹). Esses fatores de formação do solo definem a natureza dos solos, a sua distribuição e configurações na paisagem. O solo em um perfil são indivíduos conceituais, enquanto na paisagem constituem um contínuo, tendo um conjunto de características físicas, químicas, biológicas e atributos mineralógicos. Este conceito está ligado à evolução do solo e os padrões de distribuição na paisagem, mostrando onde e porque certos tipos de solos ocorrem para constituir corpos geográficas equivalentes aos "pedons" e "polypedons" (Knox¹, 1965).

2.2. Levantamento convencional de solos

O mapeamento de solos mais comum se baseia na equação dos fatores de formação do solo. Assim, a ocorrência dos solos segue um padrão: em locais distintos que os cinco fatores de formação sejam idênticos, é de se esperar que solos sejam idênticos. Isto forma a base científica ou o paradigma do levantamento de solos. Tal paradigma baseia-se na pressuposição de que populações de solos similares existem dentro de cada feição específica da paisagem, as quais podem ser identificadas e delineadas em mapas (Hoosbeek, 1994).

O levantamento de solos convencional é realizado inicialmente pela interpretação de fotografias, imagens de satélite ou outro produto de sensoriamento remoto da área a ser mapeada. Em seguida, são feitas incursões ao campo para identificação de unidades de mapeamento, delimitação e descrição das mesmas, e amostragens, gerando, assim, uma legenda preliminar, seja incluindo unidades ou excluindo outras. Durante as atividades de campo são feitas correlações dos solos com geologia, provável material de origem dos solos, características da paisagem, tais como drenagem, cobertura vegetal, topografia e declividades. Depois das unidades de mapeamento terem sido delineadas, estas são então identificadas, quase sempre com o nome de uma classe de acordo com um sistema de classificação de solos estabelecido, no caso do Brasil, o SiBCS (EMBRAPA, 2013). Este é um sistema de classificação de solos multicategórico, que compreende até o sexto nível, porém até o momento esta estruturado até o quarto nível: ordem, subordem, grande grupo e subgrupo, faltando definir família e série.

Os recursos financeiros destinados aos levantamentos de solos no Brasil têm diminuído muito, embora poucas áreas do território brasileiro apresentem levantamentos em média escala, entre 1:100.000 e 1:50.000. Além disso, o número de profissionais capacitados a realizar esses levantamentos vem sendo reduzido a cada ano (Chagas, 2010).

¹ Mendonça-Santos, Santos, 2007

As unidades de mapeamento são delimitadas e identificadas em categorias superiores e por subdivisões em níveis mais baixos de classificação dos solos, de acordo com os atributos selecionados, textura, saturação por alumínio, capacidade de troca catiônica, atividade de argila, saturação de sódio, sulfatos e sais solúveis. Níveis diferentes de pesquisa são realizados, dependendo de seus objetivos, da extensão da área coberta e da disponibilidade de material base cartográfica.

2.3. Tipos de levantamento de solos

O levantamento dos solos é classificado de acordo com o detalhamento que cada mapa expõe. De acordo com o manual de pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), a área mínima mapeável é a menor dimensão que pode ser legivelmente delineada num mapa ou carta, sem prejuízo da informação gerada nos trabalhos de campo, correspondendo, na prática, a uma área de $0,4 \text{ cm}^2$ ($0,6 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm}$). A equivalência desta área no mapa, com a área correspondente no terreno, é função da escala final de apresentação. A escala irá definir a riqueza de detalhes do mapa (IBGE, 2007).

Os levantamentos de solos são identificados como esquemático, exploratório, reconhecimento, semidetalhado, detalhado e ultradetalhado. Os mesmos diferenciam-se, principalmente, quanto aos objetivos, extensão territorial, escala cartográfica, definição e composição das unidades de mapeamento, organização da legenda e precisão das informações (IBGE, 2007).

De acordo com o manual técnico de pedologia (IBGE, 2007), cada levantamento de solo tem sua finalidade, e são descritas da seguinte forma:

Os mapas esquemáticos fornecem informações generalizadas sobre a distribuição geográfica e a natureza dos solos de grandes áreas. São obtidos a partir de informações pedológicas preexistentes, combinadas com interpretações e correlações com geologia, clima e vegetação, objetivando a previsão do modo de ocorrência e da natureza dos solos. Possuem escalas muito pequenas, inferiores a 1:1.000.000, o que limita sua utilização, pois a falta de detalhamento inviabiliza o planejamento agrícola e conservacionista em nível de propriedade rural. As unidades de mapeamento são compostas de amplas associações de solos e paisagens, sendo utilizada a classificação em nível categórico elevado.

Os levantamentos exploratórios são executados objetivando o desenvolvimento regional, fornecendo informações qualitativas genéricas a respeito dos solos. Assim como os mapas esquemáticos, são aplicados a grandes áreas, porém, podem ser aplicados a áreas menores antes da realização de levantamentos mais detalhados, devido à urgência na obtenção de informações sobre solos. São apresentados em escalas entre 1:750.000 a 1:2.500.000, sendo que a área mínima mapeável varia entre 2250 a 25.000 ha (hectares). Coletas de observações são efetuadas a grandes intervalos ($< 0,0004$ observações por hectare), o que contribui para apresentação de unidades de mapeamento compostas por amplas associações, muito heterogêneas. Estas são reconhecidas em nível elevados, correspondentes à Ordem e Subordem.

Os levantamentos de reconhecimento são utilizados para objetivos bastantes amplos, tais como estimativas do potencial de uso agrícola e não agrícola, oferecendo uma avaliação qualitativa e semiquantitativa a respeito dos solos. A densidade de observações varia entre 4 a 200 observações por ha. Subdivide-se em três níveis:

- reconhecimento de baixa intensidade: possui caráter mais genérico, estando sua utilização restrita para fins de planejamento, indicando áreas de baixo e alto potencial agrícola. A escala varia de 1:250.000 a 1:750.000, sendo que a área mínima mapeável varia entre 250 a 2.250 ha. As unidades de mapeamento são simples ou associações de até quatro componentes no nível de grandes grupos. Admite-se, neste nível de reconhecimento, uma precisão de informações sobre a composição das unidades de mapeamento entre 50 e 70% de confiabilidade.
- reconhecimento de média intensidade: possui caráter mais específico, sendo aplicado para elaboração de projetos de planejamento (seleção de área para colonização, construção de rodovias, ferrovias e outros). A escala varia de 1:100.000 a 1:250.000, sendo que a área mínima mapeável varia entre 40 a 250 ha. Neste nível de reconhecimento é admitida uma precisão de informações sobre a composição das unidades de mapeamento entre 70 e 80% de confiabilidade.
- reconhecimento de alta intensidade: aplicado para seleção de áreas preferenciais para desenvolvimento de projetos agrícolas. A escala varia de 1:50.000 a 1:100.000, sendo que a área mínima mapeável varia entre 10 a 40 ha. Nele, é esperada uma precisão de informações sobre a composição e pureza das unidades de mapeamento em torno de 80% de confiabilidade.

Os levantamentos semidetalhados são feitos para atender objetivos mais bem definidos, para fornecer informações básicas para a implantação de projetos de colonização, planejamento local de uso e conservação de solos em áreas agrícolas. A escala de publicação é de 1:50.000 a 1:20.000, sendo a área mínima mapeável menor do que 10 ha. As informações geradas se aproximam das de levantamentos detalhados, podendo satisfazer as necessidades de informações básicas para projetos de uso do solo menos intensivos em alguns casos. A coleta de observações deve estar entre 0,02 a 0,2 observações por hectare. Espera-se que a precisão de informações sobre composição e pureza das unidades de mapeamento, neste tipo de levantamento, esteja em torno de 85-90% em termos de confiabilidade.

Levantamentos detalhados tem como objetivo fornecer informações sobre os solos que servem de base para a tomada de decisões localizadas, onde é feito uso intensivo do solo. Podem ser utilizadas para planos de conservação, caracterizar os solos de áreas de estações experimentais agrícolas, e para apoiar projetos de irrigação, drenagem e de agricultura de precisão. A escala final de publicação é de 1:20.000 a 1: 5.000, sendo a área mínima mapeável menor do que 1,6 ha. A densidade de observações deve estar entre 0,2 e 4,0 observações por hectare.

Levantamentos ultradetalhados são utilizados para resolução de problemas específicos de áreas muito pequenas, tais como áreas experimentais, residenciais ou de indústrias. Diferencia-se por ter maior pormenorização cartográfica, coerente com a densidade de observações, que deve ser maior que 4,0 por hectare.

Nos últimos anos, as pesquisas relacionadas com o mapeamento de solos estão sendo direcionadas para o estudo de novas técnicas, que utilizam os conhecimentos disponíveis em sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto, geoestatística, entre outros, buscando uma melhoria no processo de coleta de dados e organização das etapas do levantamento de solos (Chagas, 2006).

Atualmente, uma ferramenta muito importante para fazer o levantamento e o reconhecimento de solos é o sensoriamento remoto. Segundo Moreira (2005) o sensoriamento remoto tem como grande vantagem o fato das informações serem coletadas periodicamente de modo que dados coletados em datas anteriores podem ser comparados com dados contemporâneos, além de proporcionar uma visão ampla da área de estudo e facilitar o levantamento e acompanhamento do uso do solo em áreas de difícil acesso.

Embora uma tarefa árdua e criteriosa, o levantamento e mapeamento de solos é fundamental para exploração eficiente e sustentável dos recursos naturais, obtendo assim maior retorno econômico, social e ambiental. Os trabalhos devem ser executados buscando metodologias que proporcionem maior eficiência, minimizando os custos.

2.4. Levantamentos de solos no Mundo, no Brasil e na região de Santarém

No mundo há apenas um mapa de solos global em uma escala de 1:5.000.000, que foi produzido entre os anos 1971 e 1981. Com base em levantamentos de solos realizados entre os anos 1930 e 1970, esses mapas mostram a distribuição de classes de tipos de solo, utilizando a terminologia da FAO. Inevitavelmente, a informação por trás do mapa é desigual e com poucas ou nenhuma informação disponível para várias regiões importantes. Os mapas da FAO-UNESCO foram digitalizados em formato vetorial em 1984, porém um mapa digitalizado não constitui um mapa digital. Atualmente, um consórcio global envolvendo as maiores instituições científicas na área de ciência de solo de cada um dos continentes estão trabalhando em um novo mapa digital de solos para o mundo (GLOBALSOILMAP.NET, 2009).

O Brasil possui um mapeamento completo em todo o território em escalas de 1:1.000.000 a 1:5.000.000, porém somente 17 estados e o Distrito Federal possuem levantamentos de solos em escalas que variam de 1:100.000 a 1:600.000, equivalendo a aproximadamente 35 % dos solos brasileiros (Mendonça-Santos e Santos, 2007). Extensas zonas agrícolas ainda não possuem informações sobre o solo completo em escalas adequadas, assim como pesquisas necessárias para enfrentar problemas atuais de utilização, gestão, conservação, prevenção e recuperação de áreas degradadas, agricultáveis e não agricultáveis. Os levantamentos de solos são feitos apenas nas demandas governamentais, para apoiar zoneamentos agroecológicos e de avaliação de impacto ambiental, projetos de agricultura de precisão, recuperação de área degradada, o planejamento de assentamentos rurais e ordenamento do território, estando sempre ligados a atividades multidisciplinares.

A maioria dos levantamentos de solos realizados no país foram os exploratórios, com destaque ao projeto RADAMBRASIL realizado principalmente na década de 1970, e os mapas elaborados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Em 1971,

o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) planejou e executou um projeto de sensoriamento remoto para a região amazônica utilizando radares, conhecido como o projeto RADAM, que produziu uma nova imagem da Amazônia, resultando em 117 mapas e 18 volumes em geologia, geomorfologia, vegetação, solos e uso potencial da terra (IBGE, 2007). Depois de 1976, o projeto RADAM estendeu suas operações de pesquisa para o restante do país. O Projeto RADAMBRASIL cobriu todo o país com cerca de 190 mapas, 38 volumes de relatórios (quatro ainda não publicados), em uma escala uniforme de 1:1.000.000 (IBGE, 2007). Um conjunto de informações oriundos de pequenos mapas reuniu com mais detalhes informações sobre solos e relatórios a nível do Estado, possibilitando a elaboração do mapa de solos do Brasil na escala de 1:5.000.000, considerado até agora uma grande contribuição para aumentar o conhecimento dos solos tropicais e subtropicais, bem como informações de referência básica para o desenvolvimento e melhoria do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Mendonça-Santos, Santos, 2007). Um novo mapa de Solos do Brasil foi compilado em 2001, com base em informações fornecidas em campo, realizadas no período de 1981-2001, com qualidade e melhorias cartográficas e taxonomicamente atualizado, de acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), apresentando uma nítida predominância de Latossolos (cerca de 40% da área total do Brasil), seguido por Argissolos (20%) e Neossolos (15%) (Mendonça-Santos, Santos, 2007).

O atual SiBCS está estruturado em seis níveis categóricos organizados hierarquicamente com base nos atributos diagnósticos que podem ser identificado em campo ou que podem ser inferidas de outras propriedades que são reconhecidas em campo ou a partir de conhecimento da ciência do solo e outros conhecimentos correlatos. Os níveis categóricos aplicados para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos são: 1º nível categórico (ordens), 2º nível categórico (subordens), 3º nível categórico (grandes grupos), 4º nível categórico (subgrupos), 5º nível categórico (famílias) e 6º nível categórico (series). No 1º nível categórico (ordens) são encontradas 13 classes de solos, o 2º nível categórico (subordens) 44 classes de solos, 3º nível categórico (grades grupos) 192 classes e 4º nível categórico (subgrupos) 807 classes, o 5º nível categórico (famílias) e 6º nível categórico (series) ainda não foram definidos (SiBCS, 2006).

A escolha por levantamentos em escalas menores pelas instituições de pesquisas foi devida basicamente pela escassez de recursos financeiros, ao reduzido número de pedólogos capacitados no país, a grande extensão territorial a ser mapeada, dentre outros fatores.

Restrições orçamentárias resultaram numa desaceleração da atualização progressiva do conhecimento dos solos brasileiros através dos levantamentos de solos a partir da década de 70 do século passado, se estendendo até aos dias atuais. Estes fatores provocaram o enfraquecimento institucional ao estudo dos solos, conforme se observa hoje em vários estados, carentes na maioria, de informações adequadas que possibilitem orientar o uso e manejo sustentável de suas terras. Adicionalmente, o número de profissionais capacitados a realizar levantamentos de solos no Brasil diminuiu a cada ano, dificultando a continuidade desta fundamental pesquisa que teria como resultado mapas de solos essenciais ao desenvolvimento do Brasil (Chagas, 2006).

Conforme IBGE (2007), no Brasil, os levantamentos de solos são utilizados principalmente: nas instituições de assistência técnica, no planejamento e de execução de projetos, na seleção de áreas para colonização, em estudos de viabilidade técnica de projetos de irrigação e drenagem, na avaliação de aptidão agrícola, em zoneamentos diversos (pedoclimáticos, socioeconômico, ecológicos e outros), na extrapolação de resultados de pesquisas, em indenizações de áreas inundadas por represas hidrelétricas, nos subsídios aos Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos ao Meio Ambiente - EIA-RIMAS e na seleção de áreas experimentais.

Em regiões do país com grandes pressões de ocupação de novas áreas pela agricultura e pecuária de alto nível tecnológico, com destaque a região Amazônia, existem poucas informações específicas sobre seus solos, sendo inadequadas para subsidiar a ocupação pela agricultura de maneira ordenada e com menos impactos ambientais. Concomitantemente, em regiões agrícolas tradicionais a falta de informações adequadas tem contribuído para um inadequado processo de uso das terras, ocasionando sérios problemas de degradação ambiental.

Para a região de Santarém, assim como ocorre na maioria do Brasil, há grande carência em informações quanto ao solo. Os mapas mais abrangentes a serem destacados são os mapas exploratórios do Projeto RADAM Brasil (1976) na escala 1:1.000.000 e os mapas do IBGE (1997) e do ZEE (2003), ambos na escala de 1:250.000. Alguns trabalhos foram realizados pela EMBRAPA na Região de Santarém com o objetivo de minimizar esta carência de informações. Foram executados os levantamentos de solos na escala de 1:200.000, área entre os km 81 e 152 da Rodovia Santarém-Cuiabá e o rio Curuá-Una (1980) e na escala de 1:100.000 na região do Planalto Belterra (2001) no município de Santarém e Município de

Belterra (2001) (Oliveira Junior et al, 2001;) e também na região de influência da bacia do Rio Moju na região do município de Mojuí dos Campos (Oliveira Junior et al., no prelo).

2.5 OBJETIVO

2.5.1 Objetivo geral

Realizar a classificação e mapeamento dos solos da região sudeste do município de Santarém, estado do Pará.

2.5.2. Objetivos específicos

- Proceder o levantamento e mapeamento das diferentes classes de solos que ocorrem na margem direita de na bacia do rio Curuá-una, município de Santarém e Mojuí dos Campos, estado do Pará .

- Realizar a classificação dos solos que ocorrem na região de influência da margem direita da bacia do rio Curuá-una, no município de Santarém e Mojuí dos Campos, Pará com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

- Agrupar solos com características semelhantes e elaborar mapa de solos na escala 1:100.000, da região de influência da bacia do Rio Curuá-una no município de Santarém e Mojuí dos Campos, Pará.

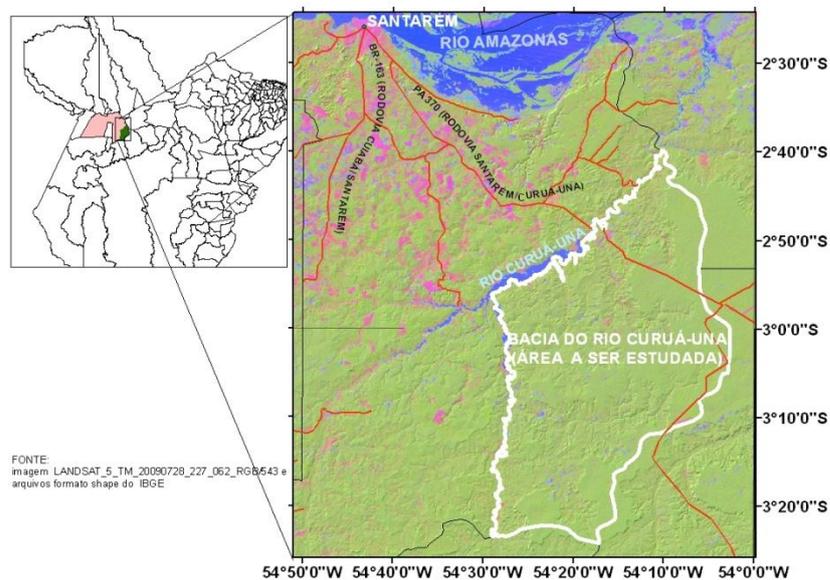
- Compor o mapa de solos completo da região situada a leste do rio Tapajós, no município de Santarém, estado do Pará, na escala 1:100.000.

3. METODOLOGIA PROPOSTA

3.1 Descrição da área de Estudo

3.1.1. Localização

A área de estudo está situada na região sudeste do município de Santarém e Mojuí dos Campos (desmembrado de Santarém a partir de 2013), na mesorregião do Baixo Amazonas, no estado do Pará, situada entre as coordenadas geográficas 02°30' e 03°30' de latitude Sul e de 54°00' e 54°30' longitude oeste (Figura 1). O estado do Pará integra a região definida como Amazônia Legal pela lei 12651/2012 (novo código Florestal).



Pelo fato do desmembramento de Mojuí dos Campos ter ocorrido recentemente, a maioria dos seus dados ainda estão integrados aos dados de Santarém, portanto será dado destaque aos dados deste último município.

Em termos de agricultura a região de Santarém se destaca na produção de arroz, soja e mandioca, chegando a ser considerado um dos maiores produtores do estado do Pará (SEAMPLAM, 2010). A agricultura familiar tem grande relevância dentro do município de Santarém, pois produz a maioria dos alimentos que são consumidos diretamente pela população urbana, tais como verduras e legumes, as culturas do milho, mandioca, arroz, e

feijão, coco, banana, cacau, café, laranja, limão, maracujá, melancia, fibra do curauá, pimenta do reino, tomate, tangerina, urucu, polpas de frutas, produção de açaí e castanha do Pará. Destacam-se ainda os produtos medicinais e aqueles voltados para a indústria de cosméticos: cumarú, óleo de copaíba, andiroba, mel de abelhas, leite de Amapá, sucuba e jenipapo etc.

A área em estudo se situa em uma região Arrecadada pelo Governo Federal, denominada de Gleba Pacoval , no seu interior consta o Projeto de Assentamento (PA) Corta Corda, Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Renascer e áreas com passivo a regularização fundiária conforme legislação vigente ² .

Esta área recebe influência da cidade de Santarém, sede do município, das rodovias Santarém/Curuá-Una (PA-370) e também BR 163 (Cuiabá Santarém), além dos Rios Tapajós, Amazonas e Curuá-Una.

3.1.2 Clima

A região encontra-se sob características gerais de clima quente úmido. As temperaturas médias, máximas e mínimas anuais oscilam entre 25 e 26° C, 30 e 31°C e 21 e 23°C, respectivamente. A precipitação pluviométrica apresenta valores anuais oscilando em torno de 2.000 mm, com distribuição irregular, mostrando a ocorrência de dois períodos nítidos de chuvas, com o mais chuvoso abrangendo o período de dezembro a junho, concentrando mais de 70 % da precipitação anual (Embrapa, 2001).

3.1.4 Geologia

Geologicamente, o município de Santarém está situado na porção central da Bacia Sedimentar do Amazonas, aflorando, na maior parte do seu território, na seção superior da Formação Alter do Chão (Cretáceo/Terciário) (Embrapa 2001).

Essa unidade está constituída, predominantemente, por arenitos finos a grossos, esbranquiçados a avermelhados, friáveis, caulínicos, com frequentes estratificações cruzadas: apresentam intercalações de argilas avermelhadas a mosqueadas, estratificadas em bancos. A Formação Alter do Chão tem ampla ocorrência nas porções leste, sul e oeste do município,

com boas exposições no rio Tapajós e ao longo da BR-163, notadamente no flanco norte da serra do Piquiatuba, próximo à cidade de Santarém. No topo da unidade, é comum a presença de crosta ferruginosa, laterítica, responsável pela preservação dos platôs que caracterizam a Formação. Localmente, a crosta ferruginosa encontra-se desmantelada, constituindo um nível concrecionário (Embrapa, 2001)

Complementando o quadro geológico do município, destacam-se os depósitos inconsolidados atuais e sub-atuais, que ocorrem ao longo dos principais cursos d'água, formando as planícies aluviais e representados por cascalhos, areias, siltes e argilas. Dentre esses, destacam-se os depósitos argilosos e argilo-arenosos que ocorrem na porção norte do município, ao longo da planície de inundação do rio Amazonas, constituindo as áreas de várzea (EMBRAPA, 2001).

A geologia da área está representada por litologias dos Períodos geológicos: Cretáceo Terciário e Quaternário (Embrapa, 2001).

O Período Cretáceo/Terciário está representado pelas litologias da formação Alter do Chão, constituída por arenitos finos e médios, siltitos e argilitos caulínicos, vermelhos, amarelos e brancos, mal consolidados; horizontes de conglomerados e arenitos grosseiros; estratificação cruzada ocasional; inclui o arenito Manaus. Esta formação ocupa a maior parte da área e nela são encontrados os Latossolos e os Argissolos.

O Período Quaternário está representado pelos Aluviões recentes e Aluviões antigos. Os Aluviões recentes são formados por areias, siltes, argilas e cascalhos, quase sempre inconsolidados, que ocupam as várzeas e restingas do Rio Amazonas, indo de Santarém ao Rio Curuá-Una, penetrando no mesmo até à Estação Experimental de Curuá-Una (SUDAM).

3.1.5 Vegetação

A cobertura vegetal do município de Santarém e região é composta por quatro formações florestais bem distintas que são: floresta equatorial subperenifólia e cerrado equatorial subperenifólio, na terra firme, floresta equatorial higrófila de várzea e campos equatoriais higrófilos de várzeas, nas áreas sujeitas a inundação (EMBRAPA, 2001).

Na região norte é onde se situam as maiores formações florestais do continente, dominadas pela floresta equatorial subperenifólia de terra firme. Nessas áreas de clima quente, com pluviosidade elevada, evidencia-se o aparecimento dessa floresta densa, bastante

estratificada, possuindo espécies bem heterogêneas, sendo o vale amazônico o principal local de ocorrência dessas formações (EMBRAPA, 2001).

A floresta equatorial subperenifólia é representada, principalmente, por tipos florísticos onde predominam espécies sempre-verde, porém, com folhagens um pouco reduzidas, devido a perda de folhas no período de estiagem. Nela, são encontradas árvores que alcançam até 50 metros de altura ou mais, com um sub-bosque rico em palmáceas (Embrapa, 2001).

Segundo os dados digitais fornecidos pelo INPE (instituto nacional de pesquisas espaciais) a região de estudo ainda ostenta mais 90% do total de sua área em cobertura por floresta primária, segundo o ZEE 163, a vegetação predominante nesta área equivale a floresta equatorial subperenifólia (IBGE, 2007).

Na área de mata, as espécies florestais de maior valor econômico estão deixando de existir, em consequência de constantes derrubadas, encontrando-se nas áreas de vegetação secundária o aparecimento de grande quantidade de babaçu (EMBRAPA, 2001).

3.1.6 Hidrografia

Os rios Amazonas e Tapajós são as vias de maior importância para o desenvolvimento econômico da região através do escoamento de produtos nela gerados, pela utilização de pequenas, médias e até grandes embarcações. O rio Amazonas é navegável durante todo o ano por navios de grande calado. (EMBRAPA, 2001).

No Rio Tapajós se situa o Porto de Santarém, um dos principais da Região amazônica, forma-se um canal de acesso natural, desde a sua foz no rio Amazonas até o cais do porto, numa distância de 3,1 km, com largura de 1,8 km e profundidade de 15 m. O porto de Santarém influencia diretamente os municípios da região e se conecta através da rodovia BR-163 (Cuiabá - Santarém) com norte do Estado de Mato Grosso (Ministério dos transportes, 2012).

Outro rio de grande importância na economia da região é o Curuá-Una, não por sua navegabilidade, em virtude de ser um rio bastante encachoeirado e sim, por seu poder energético, pois, é nele que se encontra a hidrelétrica de Curuá-Una, com um potencial de energia capaz de abastecer toda a região (EMBRAPA, 2001).

Existem outros rios de menor volume d'água, formando os de grande importância no tocante à pecuária e ao abastecimento da população rural da região. Todos estes rios drenam suas águas para o rio Amazonas, sendo o rio Tapajós o maior e o mais importante afluente.

3.1.7 Solos levantados no município de Santarém

O município de Santarém possui grande parte de seu território com levantamento de solos na escala de 1:100.000, estas áreas estão situadas principalmente as margens direita do Rio Tapajós, em regiões conhecidas como Planalto Santareno (Embrapa 2001) e Bacia do Rio Moju. Os solos levantados no município de Santarém descritos por (EMBRAPA (2001), escala 1:100.000 foram predominantemente LATOSSOLOS AMARELOS distróficos típicos (textura média e muito argilosa), ARGISSOLOS AMARELO distrófico típico (textura média e argilosa) e GLEISSOLOS HÁPLICOS.

3.1.8 Geomorfologia

Os levantamentos tradicionais de solos já realizados no município de Santarém descreveram relações diretas entre a geomorfologia e os solos. A região se encontra no domínio Morfológico Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, que se refere a relevos elaborados em rochas sedimentares fanerozóicas dos períodos mesozoico e paleozoico, envolvendo diversas épocas de idade, compreendendo modelados de aplanamento e dissecados onde predomina os topos tabulares e convexos.

Uma formação de relevo importante que abrange grande parte da área é o Planalto Tapajós-Xingu. Esta formação apresenta uma grande superfície tabular, de relevo plano e bordos erosivos, onde são encontrados os LATOSSOLOS AMARELOS distróficos típicos de textura muito argilosa, (Embrapa, 2001).

O processo de erosão que sofreu a superfície tabular originou o pediplano Plio-Pleistocênico, onde são encontradas áreas de relevo forte ondulado, em diferentes níveis de dissecamentos; nelas, são encontrados ARGISSOLOS AMARELOS distroficis e LATOSSOLOS AMARELOS distroficis, com textura variando de média a muito argilosa; os Gleissolos háplicos ocorreram nas drenagens principalmente da bacia do Rio Moju. (Embrapa 2001).

Nestas formações aparecem áreas com relevos dissecados em interflúvios tabulares, com drenagem densa e, em menores proporções, áreas em colinas e ravinas localizadas em faixas

alongadas, entre Belterra e o rio Curuá-Una, com relevo suave ondulado a ondulado (Embrapa, 2001). Os solos desenvolvidos nestes ambientes estão disseminados em diversos tipos de relevos e são originados a partir das rochas sedimentares e do retrabalhamento de materiais oriundos da desagregação dessas rochas. Suas ocorrências estão distribuídas e representadas predominantemente nas áreas aplainadas e curvatura convexa das Coberturas pelos LATOSSOLOS AMARELOS de textura média e nas demais (dissecados) pelos ARGISSOLOS AMARELO distróficos que ocorrem nas áreas com relevo ondulado a forte ondulado.

3.2. Coleta de informações e cartografia dos solos

Entre as variáveis geomorfométricas primárias e de natureza local, as mais difundidas são a hipsometria, a declividade, a orientação das vertentes, a curvatura vertical, a curvatura horizontal. Esses atributos têm sido reconhecidos como os melhores efetivos para a realização de levantamentos de solos de média escala, por meios tradicionais e digitais (CHAGAS, 2006).

Foi realizada pesquisa bibliográfica contendo informações necessárias do ambiente onde foi realizado o estudo, destacando trabalhos de levantamento e mapeamento de solos já realizados na região, informações sobre a geologia, geomorfologia, vegetação, uso do solo e outros. Destaque aos dados gerados a partir de trabalhos como o RADAMBRASIL (1974), IBGE (2001), ZEE BR-163 (2007), EMBRAPA, artigos e teses sobre o assunto e região, informações contidas nas cartas de hidrologia e planialtimétricas geradas pela Diretoria de Serviço Geográfico – DSG. A análise dos mapas mostrou semelhanças quanto a geologia e relevo. Isso evidenciou a possibilidade de utilização de parâmetros geomorfomorfológicos e geológicos das áreas que já possuem mapeamento pedológico, (Planalto Santareno e Bacia do Rio Moju) para inferência das classes de solo na área de estudo.

A obtenção de dados para montagem da base de dados foi feita de maneira uniforme para as três áreas de estudo: as áreas que possuem carta pedológica foram as regiões do Planalto Santareno e Bacia do Moju e a área a ser testada, região sudeste do município de Santarem (Bacia do Rio Curua-una).

Para classificação e elaboração dos mapas de altitude e declividade foi utilizado um Modelo Digital de Elevação - MDE, elaboradas a partir de imagens SRTM. Através de

ferramentas de geoprocessamento do software livre Quantum GIS (versão 1.7), foi gerada peças temáticas com informações acerca de elevação, declividade, orientação, curvas de nível referentes às áreas de estudo, curvatura vertical e curvatura horizontal.

O modelos digitais de elevação (MDE), segundo Valeriano (2008) são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas com um valor de elevação cada pixel. As imagens SRTM foram geradas através da missão espacial “Shuttle Radar Topography Mission - SRTM” que ocorreu no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000. Estas imagens foram liberadas pela National Aeronautics and Space Administration – NASA, com resolução espacial de 90 m. Modelos digitais de elevação podem ser adquiridas gratuitamente através do sitio eletrônico <http://www.dsr.inpe.br/topodata>. A elevação foi classificada e agrupada em níveis de altitude de 5 em 5 m e 20 em 20 m. Com as imagens de radar também se realizou a classificação do relevo em porcentagens e fases de declividade, que após a classificação foram agrupadas de acordo com a classificação de declividade estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

As imagens SRTM podem apresentar pequenas distorções devido ao efeito da vegetação (Valeriano, 2008); no entanto, Santos et al. (2005) avaliaram a precisão vertical dos modelos SRTM na Amazônia e concluíram que a utilização destes modelos para áreas com características de baixa variação de altitude, como é o caso de grande parte da região amazônica, é viável como alternativa à geração de modelos a partir de cartas topográficas na escala de 1:250.000 e 1:100.000, tanto para aplicações cartográficas quanto temáticas.

As imagens de satélites utilizadas são disponíveis de forma gratuita no site oficial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. O satélite em questão é o Land Remote Sensing Satellite 5 – Landsat 5, no sensor Thematic Mapper – TM, com resolução espacial de 30 m. Foram utilizadas as banda 3 (espectro vermelho), banda 4 (espectro infravermelho próximo) e banda 5 (espectro infravermelho médio).

Com o embasamento no paradigma dos fatores de formação de solo de Jenny, as áreas com características semelhantes foram associadas com as características de área próximas que já possuem mapeamento e classificação de solos, identificado padrões comuns em ambas foi utilizada a mesma classificação dos solos. A ocorrência dos solos tem certo grau de similaridade, ou seja, onde os cinco fatores são idênticos, é de se esperar que solos sejam idênticos. Após a geração dos mapas contendo os parâmetros descritores do relevo, formação geológica e os solos do Planalto Santareno e Bacia do Moju foram criados e testados visando

seu uso no mapeamento da área da bacia do Rio Curua-una Os mapas de solos utilizados como base de comparação foram elaborados pela EMBRAPA na escala 1:100.000..

3.2.1 Validação dos dados em campo

Foram analisados os perfis de solo descritos do Planalto santareno (EMBRAPA 2001) e descrições dos solos por Rodrigues e Oliveira Jr (2004) da bacia do Rio Moju. Com base no mapa base produzido, nas regiões do planalto santareno e bacia do Moju foi possível identificar a relações solo paisagem e predizer unidades de mapeamento, sendo confirmadas com precisão acima de 80%.

Comprovado a precisão do mapa de digital, foram feitas de sondagens com trado holandês na área da bacia do Rio Curuá-una. Os solos foram caracterizados morfologicamente de acordo com SANTOS et al. (2005), além de outras informações gerais da paisagem, como posição e declividade. A partir dessas informações o solo foi classificado até o quarto nível de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013), além da textura. Foram coletadas amostras nos horizontes de superfície (horizonte A) e subsuperfície (horizonte B).

3.3. Características diferenciais para classificação dos solos

Considerando o Mapa de Solos na escala 1:100.000, cada milímetro no mapa equivalerá a 100 m torna-se difícil o mapeamento de áreas pequenas, no caso a drenagem optou-se por associa-la aos Latossolos, visto a sua pouca extensão ao redor da drenagem.

Na caracterização e classificação taxonômica dos solos foram utilizados "critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento" adotados pela Embrapa (1988c; 2006) e Estados Unidos (1994). Esses critérios possibilitam a diferenciação de vários níveis de classes, para efeito de distribuição espacial das unidades de mapeamento. Além disso, também evidenciam as características e propriedades dos solos, que possuem significados práticos, de modo a permitir a interpretação e avaliação de suas potencialidades, bem como suas limitações para utilização em atividades agrícolas e não agrícolas.

As classes de solos foram separadas tomando-se por base sua gênese e suas características morfológicas, físicas e químicas. Cada unidade foi caracterizada por um

conjunto de propriedades mensuráveis e observáveis, que refletem os efeitos dos processos formadores dos solos e que são importantes para prever o comportamento do solo.

Na separação das classes de solos em níveis categóricos foram considerados principalmente os seguintes critérios: atividade de argila, caráter distrófico, caráter eutrófico, tipo de horizonte A, textura, fases de vegetação, processo de gleização, relevo e pedregosidade (EMBRAPA, 2006).

3.4. Saturação por Bases

De acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2013) saturação de bases refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis em relação a capacidade de troca determinada a pH 7. Sendo a expressão alta saturação aplicada quando o solo apresenta saturação por bases igual ou superior a 50 % (Eutrófico) e baixa saturação quando os valores são inferiores a 50% (Distrófico). Na distinção entre classes de solos por este critério é considerada a saturação por bases no horizonte diagnóstico subsuperficial (B ou C).

3.5. Classes de Textura

Refere-se à composição granulométrica do solo (areia, silte e argila), como abaixo se especifica:

- Textura média: compreende composições granulométricas com valores menores que 35% da fração argila e maiores que 15 % da fração areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca.

- Textura argilosa: compreende classes texturais que apresentam na composição granulométrica valores que variam de 35 % a 60 % da fração argila.

- Textura muito argilosa: compreende classes texturais com valores superiores a 60 % da fração argila na composição granulométrica.

- Textura siltosa: compreende classe texturais com valores superiores a 65 % da fração silte na composição granulométrica.

- Textura arenosa/média: compreende a classe textural binária em que a parte superficial do perfil do solo (horizonte A) apresenta textura arenosa, com teor de argila no máximo com 15 % e, a parte subsuperficial (horizonte B) apresenta textura média.

- Textura arenosa/argilosa: compreende a classe textural binária em que a parte superficial do perfil apresenta textura arenosa e a parte subsuperficial apresenta textura argilosa.

- Textura média/argilosa: compreende a classe textural binária em que a parte superficial do perfil apresenta textura média e a parte subsuperficial apresenta textura argilosa.

A classificação das classes texturais dos solos é de grande importância para a interpretação de uma série de características que, juntas, determinam as técnicas de manejo e conservação que devem ser aplicadas para cada classe de solo.

3.6 Relevo

A classificação das fases de relevo através da qualificação da declividade, comprimento de encostas e configurações superficiais dos terrenos possuem uma forte correlação com ocorrência das unidades de solo (EMBRAPA, 2006).

As classes de relevo são reconhecidas segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2006) como:

Plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades até 3 %;

Suave ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%;

Ondulado: superfície de topografia relativamente movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20 %;

Forte ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100 m e de 200 a 200 m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45 %.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento e Classificação dos Solos

A declividade tem sido considerada um dos mais importantes atributos topográficos primários que controlam os processos pedogenéticos, pois afeta diretamente a velocidade do fluxo superficial e subsuperficial de água e conseqüentemente o teor de água no solo, o potencial de erosão/deposição, e muitos outros processos importantes (Gallant & Wilson, 2000).

A análise das imagens de Satélite e a elaboração dos mapas de relevo (Figura 3) e altimetria (Figura 4) demonstraram padrões na paisagem, que associados permitiram a delimitação de manchas com características semelhantes. Foi adotado os padrões de altitude, declividade e curvatura da área (Figura 5).

Após a classificação do relevo (Figura 3), foram calculadas as respectivas áreas em hectares (ha) com a porcentagem na área total, conforme demonstrado na Tabela 1:

Tabela 1. Classes de relevo e declividade da área

Classes de Relevo	Classes de Declividade		Área (hectares)	% da Área
	%	Graus		
Plano	0% a 3%	0° a 1° 43' 06"	30.227,6841	12,98
Suave Ondulado	5% a 8%	1°43'06" a 4°34'26"	107.659,9259	46,23
Ondulado	8% a 20%	4° 34' 26" a 11°18'36"	78.270,60	33,61
Forte Ondulado	20% a 45%	11°18' 36" a 24°13'40"	16.580,98	7,12
Montanhoso	45% a 75%	24°13'40" a 33°45'00"	1164,9461	0,05
Total			232.2878,9225	100

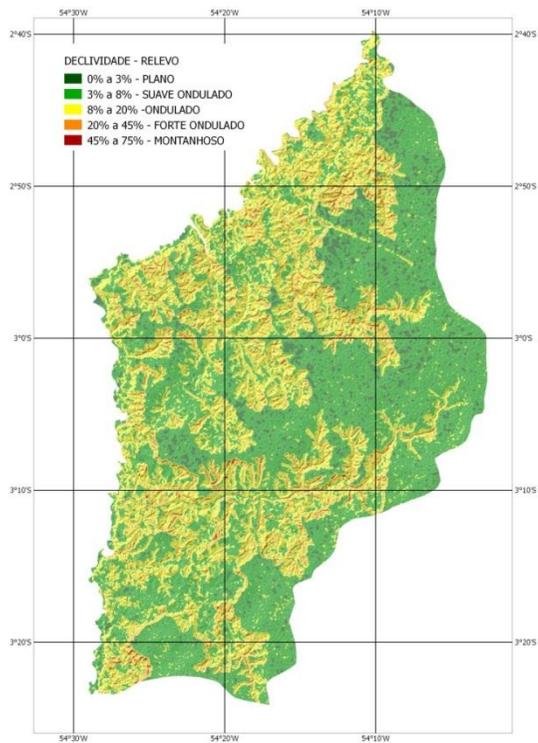


Figura 3: Perfil do relevo da área

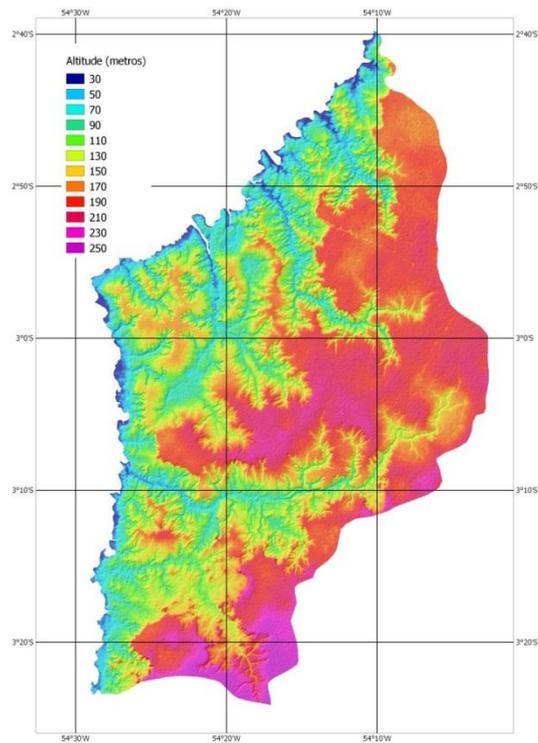


Figura 4: Mapa de altitude da área

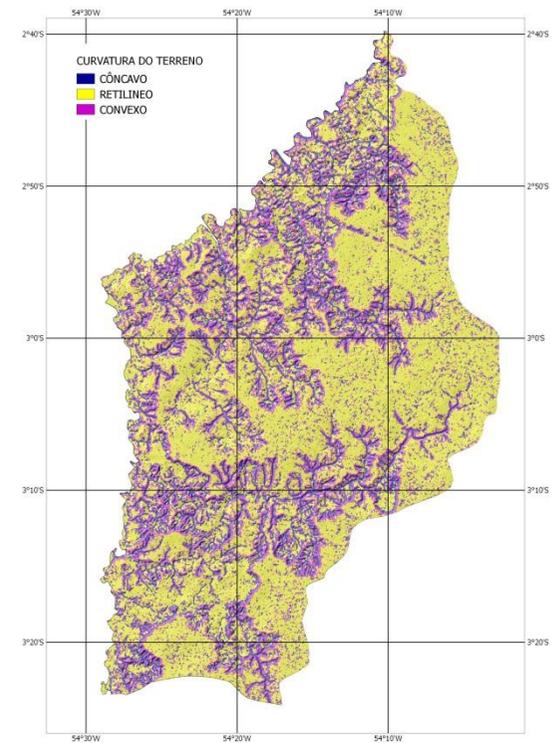


Figura 5: Mapa de curvatura do terreno

Os valores de elevação (Figura 4) da área em estudo variam de aproximadamente 6 a 250 m, com uma média de 148m. As áreas de menor altitude estão localizadas próximas ao leito do Rio Curuá-Una e as áreas mais elevadas se distribuem de maneira homogênea sobre um planalto com aproximadamente 90 mil hectares o que equivale a mais de 38% da área.

Na comparação dos mapas de relevo (Figura 3) e altitude (Figura 4), foi identificado um aplainamento nas altitudes mais elevadas (150-250m), gerando topos planos a suaves ondulados. Segundo o Sistema brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) estas condições favorecem a ocorrência de Latossolos, visto que a intemperização do solo é favorecida por estas características. Em campo foram identificados nesta área os Latossolos Amarelos com textura muito argilosa (Figura 6).

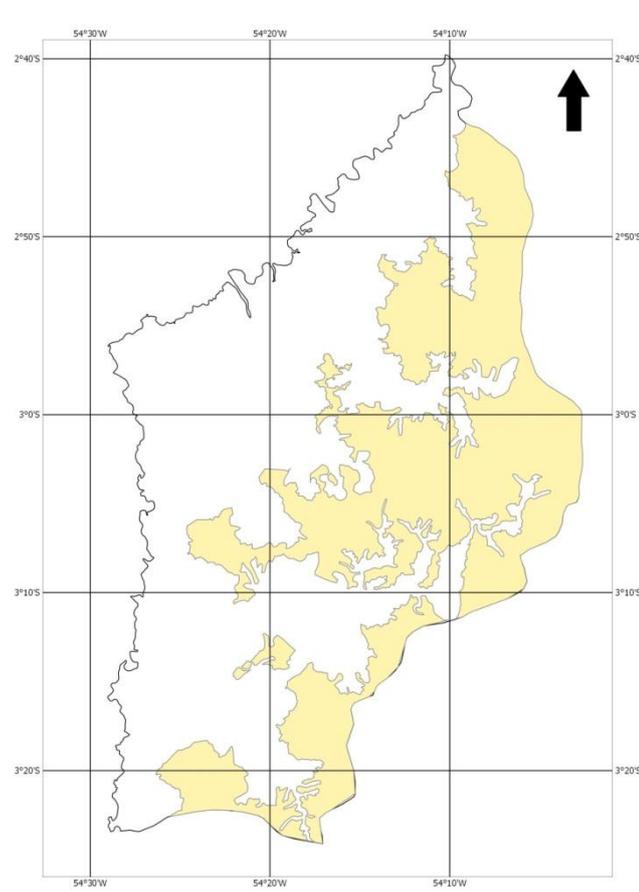


Figura 6: LAd 1 - LATOSSOLO AMARELO distrófico coeso, A moderado, textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado.

Nas áreas com cotas mais baixas foram identificados modelados convexos e tabulares (Figura 5) cuja a erosão por dissecação acompanhou o rio Curuá-Una (ZEE - BR163, 2007). Estas áreas com relevos residuais de topo plano com cotas mais baixas (6-150 m) foram identificados como Latossolos Amarelos de textura média (Figura 7). Foi identificado áreas que devido escala de 1:100.000 não foi possível representar unitariamente, sendo descrito como associação entre os Latossolos textura média e muito argiloso (Figura 8).

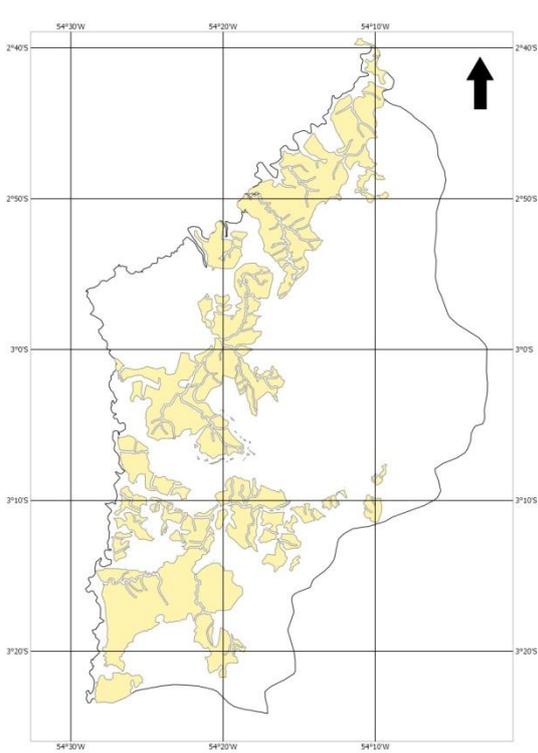


Figura 7: LAd 2 - LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, relevo plano e suave ondulado.

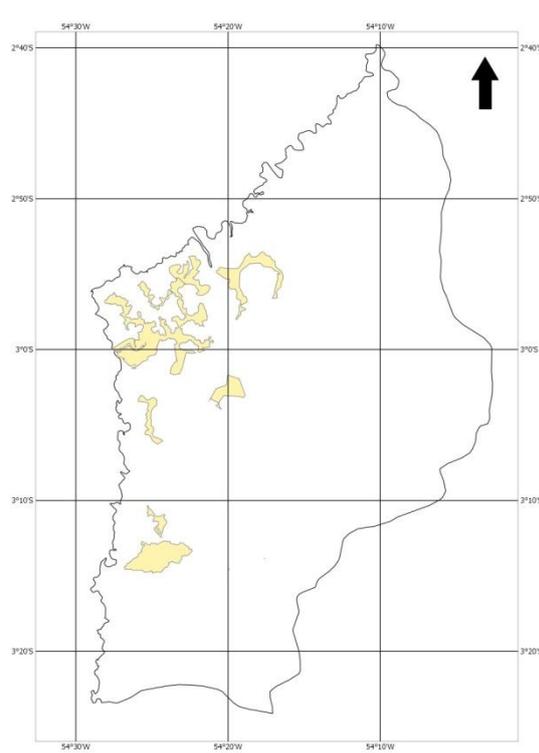


Figura 8: LAd 3- LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, relevo plano e suave ondulado + LATOSSOLO AMARELO distrófico coeso, A moderado, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado.

No mapa de relevo (Figura 3) foram identificadas áreas com relevo ondulado e forte ondulado que se localizam em uma área de transição abrupta entre o aplainamento e a área dissecada. Estas áreas são compostas por uma superfície de curvatura côncava (Figura 5), sendo os solos identificados como Argissolos Amarelos de textura argilosa a muito argilosa (Figura 9).

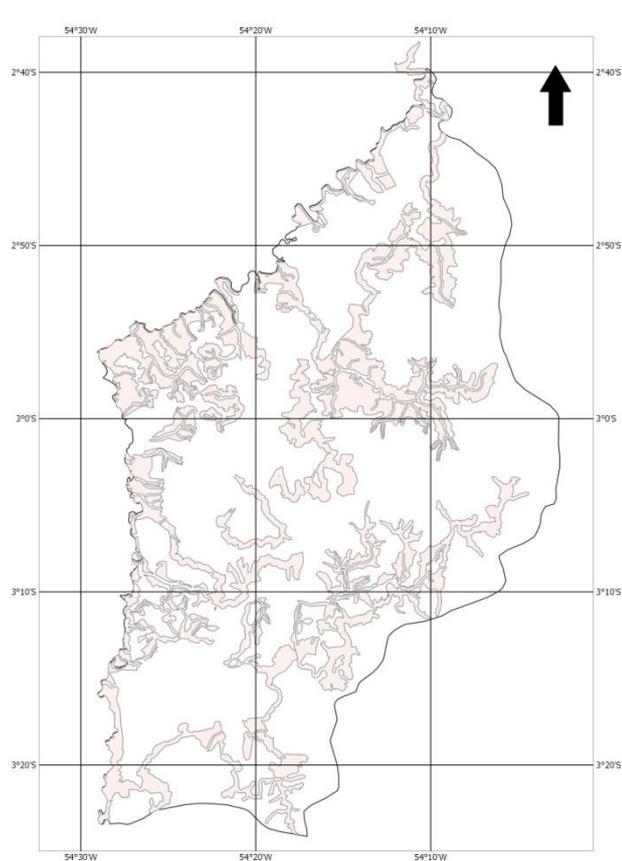


Figura 9: PAd - ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura argilosa/muitoargilosa, relevo ondulado e forte ondulado + LATOSSOLO AMARELO distrófico típico textura média relevo ondulado e forte ondulado.

A distribuição dos Latossolos na paisagem da área pode ser explicada pelo relevo, pois segundo Espindola (2010), sua ocorrência é predominantemente em relevos suaves, maduros ou senis, com drenagem interna boa quando argilosos, ou excessiva, quando de textura média (15 a 35% de argila).

Os Gleissolos Hápicos foram identificados próximos às áreas que sofrem efeito direto dos cursos d'água, no entanto não foi possível isolá-los na escala de 1:100.000, sendo assim associados aos Latossolos Amarelos de Textura média no mapa (Figura 10).

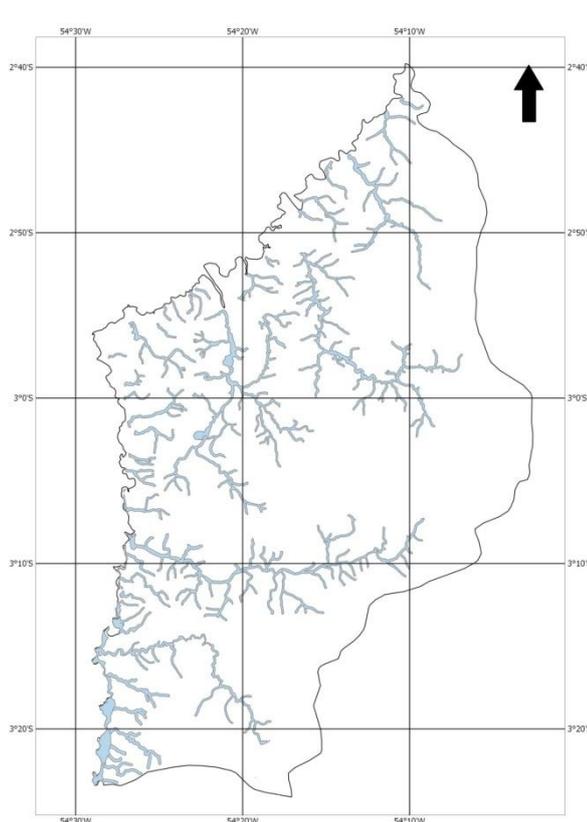


Figura 10: GXbd - GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico típico textura média, relevo plano e suave ondulado

4.2 Mapeamento e Descrição Morfológica dos Solos Identificados

A região de estudo deste presente trabalho possui mais de 90% coberta por floresta, assim, considerando os modelos de exploração agropecuários empregados na região, a tendência é a substituição de vegetação nativa por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias. De acordo com o novo código florestal (lei 12651/2012), desde que tenha prévia autorização do órgão estadual competente, a região em questão poderá ter até 20 % de sua área para uso alternativo do solo, equivalendo a mais de 40 mil hectares para produção agropecuária. No entanto para utilização racional do solo nesta área é necessário a interpretação criteriosa dos dados obtidos nos levantamentos de solos, para definir o nível tecnológico ao qual as áreas serão exploradas, de maneira que sustente uma produção estável economicamente e ambientalmente.

Com base no levantamento e classificação dos solos foi elaborado um mapa de solos na escala de 1:100.000, conforme um esquema em tamanho reduzido (Figura 11). Devido à escala, o mapa original está disponível em anexo em formato digital. Durante o trabalho de levantamento dos solos na região leste do município de Santarém e margem direita do rio Curuá-una, foram identificadas três classes de solos: Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Gleissolo Háplico, conforme Tabela 2.

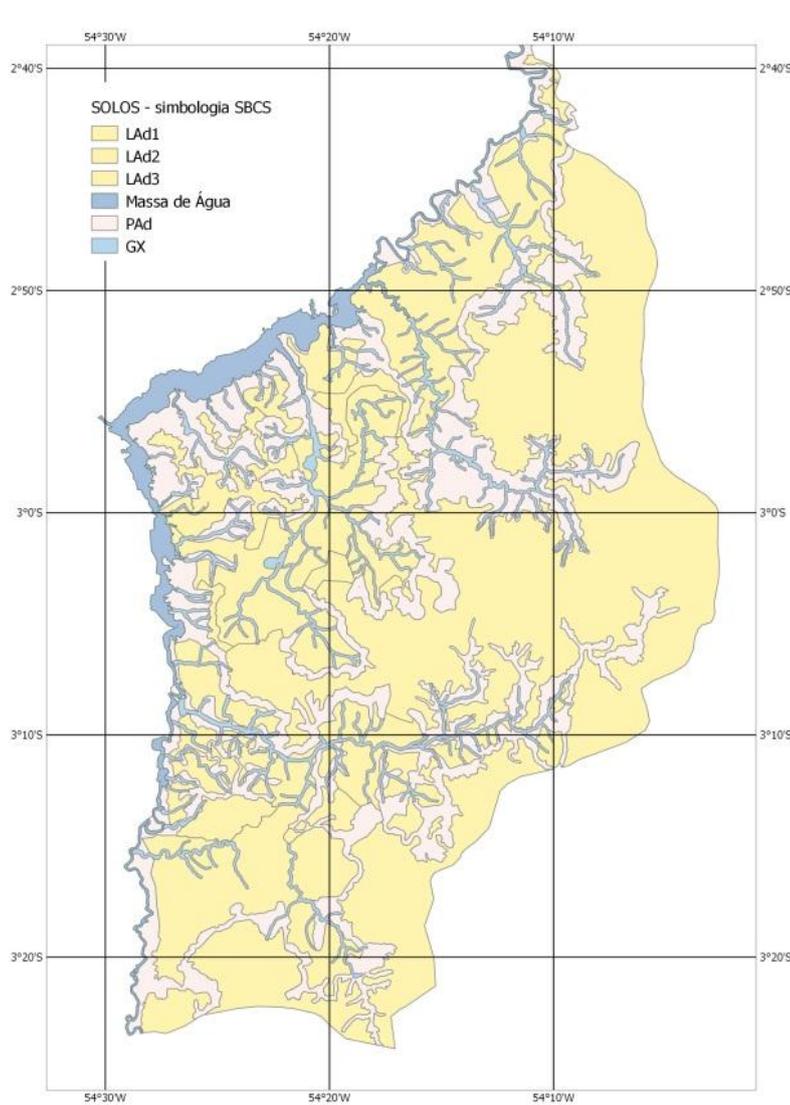


Figura 11: Imagem representativa do mapa de solos da região leste do município de Santarém e margem direita do rio Curuá-Una.

Tabela 2: Solos encontrados na região leste do município de Santarém e margem direita do rio Curuá-Una.

Unidade	Classificação Taxonômica	Área (ha)	%
LAd1	LATOSSOLO AMARELO distrófico Coeso, A moderado, textura muito argilosa, floresta equatorial subpernifolia, relevo plano e suave ondulado.	90.100,8551	38,69
LAd2	LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura media, A moderado floresta equatorial subpernifolia relevo Plano e Suave Ondulado.	58.918,3674	25,30
LAd3	LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura media, A moderado floresta equatorial subpernifolia relevo Plano e Suave Ondulado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Coeso A moderado textura muito argiloso floresta equatorial subpernifolia relevo plano e suave ondulado.	9.920,6420	4,26
PAd 1	ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado, textura media argilosa floresta equatorial subperenifolia relevo Ondulado e forte Ondulado+ LATOSSOLO AMARELO distrófico Coeso textura media, A moderado floresta equatorial subpernifolia relevo Ondulado e forte Ondulado.	58.778,6400	25,24
GXbd	GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico Típico, textura Argilosa, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura media floresta equatorial subpernifolia relevo Plano e Suave Ondulado.	15.160,4178	6,51
Total		232.878,9225	100,00

4.2.1 Latossolo Amarelo

Os Latossolos Amarelos são predominantes no total da área compreendendo 158.939,8645 ha o que totalizou 68,25% da área estudada como unidade isolada (Figuras 6-8).

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos; com horizonte B latossólico; baixos teores de óxidos de ferro (Fe_2O_3), coloração amarelada, nos matizes 10YR a 7,5YR; fração argila de natureza essencialmente caulínica, com ausência virtual de atração magnética (EMBRAPA, 2006).

São derivados de litologias de natureza argilo-arenosa ou areno-argilosa da Formação Alter do Chão, do período Cretáceo/Terciário; ou material proveniente de cobertura relacionada àqueles sedimentos (EMBRAPA, 2001).

Os Latossolos ocupam cerca de 41% da área da Amazônia Legal brasileira. Esta classe de solos ocupa preferencialmente as partes mais estáveis da paisagem, tais como áreas de relevo plano e suavemente ondulado. Isso reflete o maior tempo de exposição ao intemperismo e lixiviação (Ker, 2006). Esta classe de solos possui avançado estágio de intemperização, são muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. O horizonte B latossólico caracteriza-se pelo elevado estágio de intemperismo a que é submetido, onde dominam os minerais de argila 1:1, sesquióxidos de ferro e alumínio, quartzo e outros minerais resistentes ao intemperismo, como a muscovita. A capacidade de troca de cátions é baixa, com teores inferiores a $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila e, com alto grau de flocculação. A migração de argila em profundidade é pouco expressiva em relação ao horizonte A, ocasionando uma ausência ou quase ausência de cerosidade, revestindo os elementos estruturais (EMBRAPA, 2006).

Os Latossolos são muito profundos, bem drenados, apresentando horizonte superficial do tipo A moderado. A espessura do horizonte A encontra-se em torno de 20 cm e o horizonte B com profundidade superior a 200 cm. Apresentam desenvolvimento de estrutura moderada e forte, de tamanho muito pequeno, pequenos e médios, em forma de blocos subangulares e angulares, devendo o solo ser bem amassado para determinação de textura de campo, em função da presença de estrutura forte muito pequena que dificulta o manuseio do solo entre os dedos.

A consistência desses solos, quando secos, varia de ligeiramente duro a muito duro, friáveis, quando úmidos e de ligeiramente plásticas a muito plásticas e ligeiramente pegajosa

a muito pegajosa, quando molhados. A transição entre os horizontes do horizonte B latossólico é normalmente plana e gradual a difusa.

Em geral os LATOSSOLOS são solos distróficos, normalmente álicos, portanto, muito pobres em elementos essenciais às plantas, com teores de bases às vezes mais concentrados nos horizontes superficiais, em função dos teores mais elevados de matéria orgânica.

Nas áreas levantadas Santarém há uma predominância de LATOSSOLOS AMARELOS de textura média a muito argilosa, sendo muito profundos, bem drenados, apresentando horizonte superficial do tipo A moderado. A coloração é normalmente bruno a bruno-amarelado até bruno-amarelado-escuro no horizonte A e bruno-amarelado e amarelo-avermelhado no horizonte B, nos matizes 10YR e 7,5YR, respectivamente. A espessura do horizonte A desses solos encontra-se em torno de 20 cm e o horizonte B com profundidade superior a 200cm. Apresentam desenvolvimento de estrutura moderada e forte, de tamanho muito pequeno, pequeno e médio, em forma de blocos subangulares e angulares, devendo o solo ser bem amassado para determinação de textura de campo, em função da presença de estrutura forte muito pequena que dificulta o manuseio do solo entre os dedos.

A consistência desses solos, quando secos, é coesa, muito duro, friáveis, quando úmidos e plásticos e pegajosos e muito pegajosos, quando molhados. A transição entre os horizontes do horizonte B latossólico é normalmente difusa.

Há uma predominância de LATOSSOLOS AMARELOS textura muito argilosa, com teores da fração argila em torno de 490 a 930 g/kg de solo, com baixos valores para a relação silte/argila, inferior a 0,20 e alto grau de floculação no horizonte B latossólico, pela inexistência de argila dispersa em água.

Os teores de cátions trocáveis são mais elevados no horizonte O desses solos, evidenciando que o processo de ciclagem de nutrientes, entre o solo e a planta, se processa com maior intensidade na camada superficial dos solos, como observado em outros locais da Amazônia. A utilização de máquinas pesadas na derrubada e arraste da vegetação, danifica a camada superficial desses solos, tornando esse processo de limpeza de área bastante prejudicial, pela eliminação da camada com maior concentração de nutrientes nesses solos de baixa fertilidade.

A soma de bases trocáveis dos horizontes minerais é muito baixa, com teores variando de 0,24 a 2,4 cmolc/kg de solo, com teores no horizonte O da ordem de 6,1 a 10,3 cmolc/kg de solo. A capacidade de troca de cátions varia de 2,4 a 20,7 cmolc/kg de solo, com os teores

decrecendo com a profundidade, demonstrando a existência de relação estreita entre a CTC e os teores de matéria orgânica, que também decrescem com profundidade, evidenciando, ainda, que os minerais de argila contidos nestes solos são do tipo 1:1, portanto de baixa atividade. Os teores de alumínio extraível são bastantes elevados (0,8 a 5,4 cmolc/kg de solo) e pela muito baixa soma de bases trocáveis, proporcionam uma alta saturação com alumínio (0,24 a 2,4 cmolc/kg de solo), enquadrando-os como solos álicos, que vão necessitar da aplicação de corretivos para eliminação da toxicidade desse elemento às plantas cultivadas. A saturação de bases trocáveis nesses solos é muito baixa, com valores oscilando em torno de 1 a 16%.

Os valores de pH em água variando de 3,7 a 5,0, condicionam a esses solos reação fortemente ácida. Os valores de pH variam de -0,1 a -1,0 unidades, indicando a existência de cargas líquidas negativas nesses solos, que vão permitir a retenção de cátions resultante da adubação, pelos colóides do solo. Os teores de fósforo são muitos baixos, da ordem de 1 a 5mg/kg de solo, necessitando, portanto, da aplicação de adubos fosfatados para utilização desses solos com atividades agrícolas.

Os valores da relação K_i variam de 1,86 a 2,31, demonstrando a predominância de minerais de argila do tipo 1:1. Os teores de óxidos de ferro total variam de 49 a 73g/kg de solo e, juntamente com cores nos matizes 10YR e 7,5YR, enquadram esses solos como Latossolos Amarelos.

As principais limitações desta unidade ao uso estão relacionadas à baixa disponibilidade de nutrientes, que exigem a aplicação de fertilizantes químicos e orgânicos, além de corretivos, para elevar o nível de fertilidade dos mesmos.

As características físicas, representadas por boa porosidade, sem problemas de drenagem interna, profundidade maior que 100 cm sem impedimentos e relevo predominantemente plano e suave ondulado, tornando-os capazes de suportar atividades agrícolas intensivas, usando-se mecanização agrícola, irrigação e práticas de controle aos processos erosivos provocados pela erosão hídrica.

4.2.2 ARGISSOLO AMARELO

Os ARGISSOLOS compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural (Bt) que se encontram

imediatamente abaixo do horizonte superficial. Com profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, com textura que varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre ocorrendo aumento de argila do horizonte A para o B. Compreende classe de solos minerais, não hidromórficos, abrupção ou não, com horizonte B textural de coloração amarelada, dentro dos matizes 10YR e 7,5YR, argila de atividade baixa e teores de ferro total geralmente inferior a 70g/kg de solo (EMBRAPA, 2006).

O relevo predominante dessa classe é o ondulado e sob vegetação de floresta equatorial subperenifolia densa.

São solos profundos a muito profundos, com seqüência de horizontes do tipo A – E – Bt (Btx) – C ou A – Bt – C, normalmente desenvolvidos de rochas sedimentares do Terciário e do Cretáceo. Ocupam, localizando-se, principalmente, nas bordas dos platôs.

A diferenciação de horizontes nos perfis é variável, em função do tipo de horizonte A e do aumento da concentração de argila para o horizonte B textural. O horizonte A é normalmente do tipo A moderado ou A proeminente, possuindo textura arenosa, média e argilosa, enquanto que o horizonte B pode ser de textura média, argilosa e muito argilosa, com estrutura subangular fraca a forte e de consistência friável a firme.

A ausência aparente de cerosidade e a presença de estrutura fraca, a consistência quando úmida e as transições difusas entre os subhorizontes do Bt conferem a estes solos uma equivalência virtual ao horizonte B latossólico (Bw), diferindo somente pela diferença textural do horizonte A para o horizonte B.

São normalmente distróficos e álicos, podendo ser abrupção ou não, e bem a excessivamente drenados.

Estes solos apresentam horizonte superficial do tipo A moderado, textura média e argilosa, com coloração no matiz 10YR. A estrutura varia de fraca a moderada, pequena e média granular e blocos subangulares. A consistência dos solos quando seco, é dura e muito dura, friável quando úmido e plástico e ligeiramente pegajoso quando molhado.

No horizonte B as colorações estão dentro dos matizes 10YR e 7,5YR; a estrutura pode ser fraca ou moderada, pequena e média em blocos subangulares e angulares; a classe textural pode ser argilosa ou muito argilosa; a consistência pode ser muito duro quando seco, friável e firme quando úmido, plástico e muito plástico, pegajoso e muito pegajoso quando

molhado. Apresenta-se bastante coeso quando seco e a transição entre os subhorizontes do Bt é difusa, enquanto que, do horizonte A para o horizonte B, é gradual.

A classe de textura desses solos pode ser média a muito argilosa, com teores da fração argila total variando de 210 a 660g/kg de solo, da fração areia oscilando em torno de 260 a 590g/kg de solo, ocorrendo uma diferença textural entre o horizonte A e o B, caracterizando a presença de horizonte B textural. A fração argila dispersa em água varia de 10 a 410g/kg de solo, evidenciando menor grau de floculação dos colóides nos horizontes superficiais.

As características químicas destes solos estão representadas por teores baixos de carbono orgânico, variando de 2,0 a 22,3g/kg de solo; soma de bases trocáveis também muito baixas, da ordem de 0,2 a 5,9cmolc/kg de solo; capacidade de troca de cátions muito baixa, com teores oscilando em torno de 2,7 a 12,4cmolc/kg de solo; os teores de alumínio extraível variam de 0,2 a 1,5cmolc/kg de solo, valores estes que, em torno de 1,0cmolc/kg de solo provocam toxicidade às plantas cultivadas, exigindo a aplicação de corretivos para eliminação da ação nociva do alumínio.

Estes solos são de argila de atividade baixa, por apresentarem capacidade de troca de cátions (CTC) inferior a 16cmolc/kg de argila, devido ser constituídos por minerais de argila do tipo 1:1 (caulinita, sesquióxidos e outros minerais resistentes ao intemperismo), evidenciado, também, pelos valores da relação K_i , os quais variam de 1,76 a 2,19, característicos de argila de baixa atividade.

Os teores de soma de bases, da capacidade de troca de cátions e os de alumínio, decrescem com a profundidade, indicando uma relação estreita com a matéria orgânica, haja vista, que os teores de carbono orgânico também decrescem com a profundidade do perfil, demonstrando a importância da manutenção e incorporação da matéria orgânica no uso desses solos, na retenção de nutrientes resultantes da aplicação de fertilizantes e corretivos, tendo em vista a baixa atividade dos argilo-minerais componentes destes solos (Silva, 1989; Rodrigues, 1996; Embrapa, 1983; Rodrigues et al., 1972; 1991 citado por EMBRAPA, 2001).

A relação silte/argila baixa, a baixa CTC e a relação K_i inferior a 2,2, demonstram que estes solos estão submetidos a alto índice de intemperismo. Ocorrem em relevo plano e suave ondulado, ondulado e forte ondulado, sob vegetação de floresta equatorial subperenifólia, vegetação secundária (capoeira) e sob pastagem plantada.

As principais limitações destes solos quanto ao uso agrícola, se prendem principalmente à fertilidade natural baixa, condicionada pelos teores muito baixos de soma de

bases, CTC e alta saturação com alumínio, que exigem a aplicação de fertilizantes e corretivos para melhorar o nível de nutrientes às plantas; a susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização em áreas de relevo ondulado e forte ondulado, assim como, pelo gradiente textural entre os horizontes A e B; o uso de implementos agrícolas nos solos de textura argilosa e muito argilosa, quando úmido pode originar uma superfície espelhada logo abaixo da base do implemento, que vai provocar uma diminuição da permeabilidade do solo.

4.2.3 GLEISSOLO HÁPLICO

Os Gleissolos compreendem solos hidromórficos, constituídos por material mineral, com horizonte glei dentro dos primeiros 150 cm da superfície do solo ou dentro de 50 e 125 cm de profundidade, desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E, ou precedidos de horizonte B incipiente, B textural ou C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução.

Estes solos estão permanentes ou periodicamente saturados com água sob regime de umidade redutor, que se processa em meio anaeróbico, devido ao encharcamento do solo por longo tempo ou durante todo o ano.

O processo de gleização resulta na redução e solubilização de ferro, promovendo translocação e reprecipitação de seus compostos. Este fato imprime aos solos cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido a formação de produtos ferrosos resultantes da escassez de oxigênio causada pelo encharcamento. Em condições naturais são mal a muito mal drenados. A sequência de horizontes é do tipo A, C, G, Bg, Cg, tendo o horizonte A com cores acinzentadas até pretas e o horizonte glei (Bg ou Cg) apresentando cores acinzentadas e azuladas de cromas baixos (EMBRAPA, 2006). São formados de materiais originários estratificados ou não, sujeitos a períodos de excesso de água. Desenvolvem-se sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais coluviais sujeitos a condições de hidromorfismo. Podem apresentar horizonte sulfúrico, cálcio, propriedade solódica, sódica ou caráter sálico (EMBRAPA, 2006).

Os gleissolos ocorreram nos leitos dos cursos d'água e nas áreas sujeitas ao hidromorfismo. Vale ressaltar, no entanto, que as características dos Gleissolos estão intimamente relacionadas com a composição química e mineralógica dos sedimentos que lhes

dão origem. Por isso, podem apresentar-se como eutróficos ou distróficos, com argila de atividade alta ou baixa, como também, com diferentes condições de hidromorfismo de acordo com a dinâmica do regime de inundação a que estão sujeitas as áreas de ocorrência desses solos.

4.3 Mapeamento e descrição completa dos Solos da margem direita do Rio Tapajós, nos municípios de Santarém, do Município e Mojuí dos campos

Após o termino do levantamento e mapeamento dos solos na região da bacia do Rio Curuá-Una, o mapa desta área foi unido aos mapas de solos das regiões do Planalto Santareno e da bacia do Rio Moju (Figura 12), tendo como resultado final um mapa de solos único, representando as áreas de Mojuí dos Campos e à leste do Rio Tapajós do município de Santarém, ou seja a região de influência da BR 163. As classes de solos encontradas no mapa foram destacadas e esquematizadas em tamanho reduzido nas Figuras 13-29 (Anexo 1), sendo que o mapa original está disponível em anexo em formato digital.

Os solos identificados nas áreas de Mojuí dos Campos e à leste do Rio Tapajós do município de Santarém estão descritos na Tabela 3 após interpretação do mapa de solos.

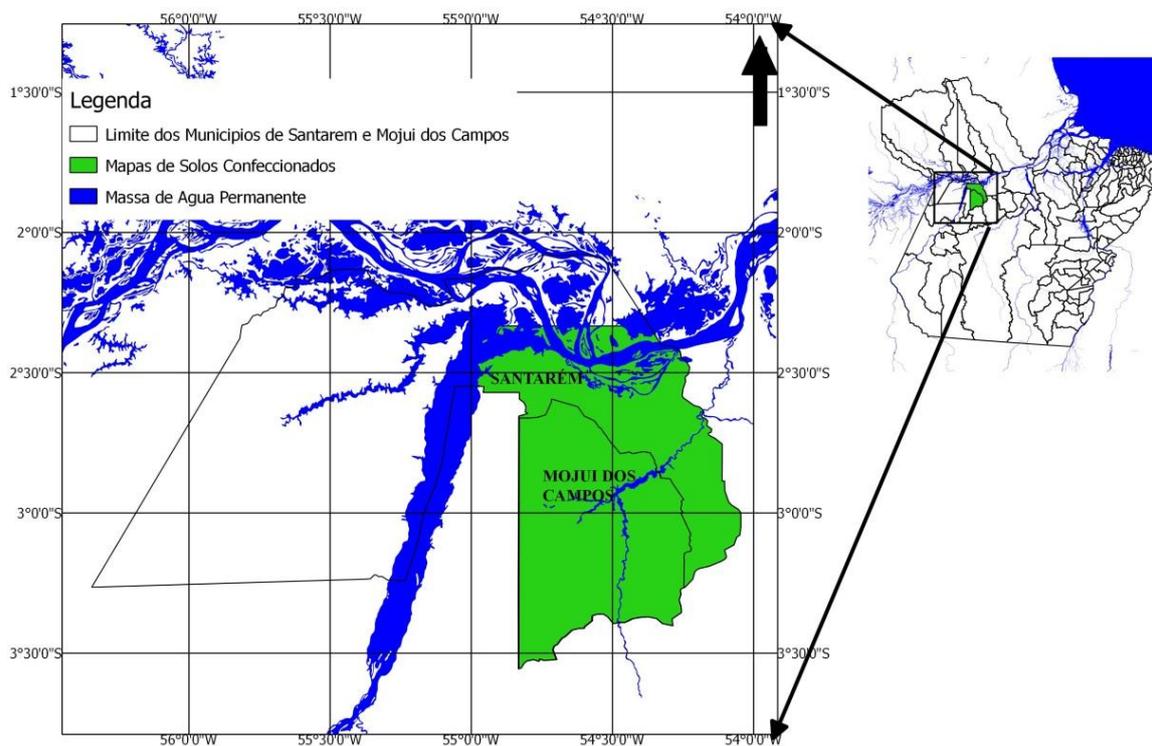


Figura 12: Área de solos mapeados na escala de 1:100.000, nos municípios de Mojuí dos Campos e Santarém, margem direita do Rio Tapajós.

Tabela 3: Solos encontrados nas áreas de Mojuí dos Campos e à leste do Rio Tapajós no município de Santarém

Unidade	Classificação Taxonomica	Área (ha)	%
LAd 1	LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico A moderado textura muito argiloso floresta equatorial subpernífolia relevo plano e suave ondulado.	286.743	35,82%
LAd 2	LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura média floresta equatorial subpernífolia relevo Plano e Suave Ondulado.	108.706	13,58%
LAd 3	LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura média floresta equatorial subpernífolia relevo Plano e Suave Ondulado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Coeso A moderado textura muito argiloso floresta equatorial subpernífolia relevo plano e suave ondulado.	15.866	1,98%
LAd 4	LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, A moderado, textura argilosa, floresta equatorial subpernífolia, Relevo suave ondulado.	69.967	8,74%
LAd 5	LATOSSOLO AMARELO distrófico Pálido, A moderado, textura muito argilosa, floresta equatorial subpernífolia, relevo plano e suave ondulado.	9.789	1,22%
LAd 6	LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, floresta equatorial subpernífolia, relevo Plano e Suave Ondulado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado, floresta equatorial subperenifolia, relevo Plano.	6.991	0,87%
LAd 7	LATOSSOLO AMARELO distrófico Concrecionario, A moderado, textura muito argilosa, floresta equatorial subpernífolia, relevo ondulado ou forte ondulado.	1.171	0,15%
LVd	LATOSSOLO VERMELHO distrofico Típico, textura argilosa, A moderado, floresta equatorial subperenifolia relevos suave ondulado.	911	0,11%
PAd 1	ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura argilosa/muito argilosa, floresta equatorial subperenifolia relevo Ondulado e forte Ondulado+ LATOSSOLO AMARELO distrófico típico textura média floresta equatorial subpernífolia relevo Ondulado e forte Ondulado.	155.127	19,88%
PAd 2	ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média argilosa floresta equatorial subperenifolia relevo Ondulado e forte Ondulado+ LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura muito argilosa floresta equatorial subpernífolia relevo suave a Ondulado.	41.308	5,16%
PAd 3	ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abruptico A moderado arenosa/ média floresta equatorial subperenifolia, relevo Ondulado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura média floresta equatorial subpernífolia relevo Plano.	3.314	0,41%
GXbd	GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico Típico, textura Argilosa, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura média floresta equatorial subpernífolia relevo Plano e Suave Ondulado.	50.353	6,29%

Unidade	Classificação Taxonomica	Área (ha)	%
RQo 1	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado, campo cerrado, relevo Plano e suave Ondulado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A proeminente, campo cerrado equatorial, relevo Plano e suave Ondulado +LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, Campo cerrado equatorial, relevo Suave Ondulado. (Figura 25)	9.891	1,24%
RQo 2	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado, floreta equatorial subperenifolia, relevo Plano + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, Floresta equatorial subperenifolia, relevo Suave Ondulado + ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média argilosa floresta equatorial subperenifolia relevo Ondulado e forte Ondulado.	6.334	0,79%
RUve 1	NEOSSOLO FÚLVICO Ta Eutrofico típico, A moderado, textura média, floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano+ GLEISSOLO HÁPLICO A moderado, textura siltosa, campo equatorial higrófila de várzea, relevo plano.	27.092	3,38%
RUve 2	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado, floreta equatorial subperenifolia, relevo Plano + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, Floresta equatorial subperenifolia, relevo Suave Ondulado + ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média argilosa floresta equatorial subperenifolia relevo Ondulado e forte Ondulado.	5.244	0,66%
ESg	ESPODOSSOLO FERROHUMIFLUVICO Hidromóefico típico, A proeminente campinarama florestada, relevo plano e suave ondulado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO, A moderado, floresta equatorial subperenifolia, relevo plano.	126	0,02%
Santarém	Area Urbana	1.574	0,3%
Total		800.507	100

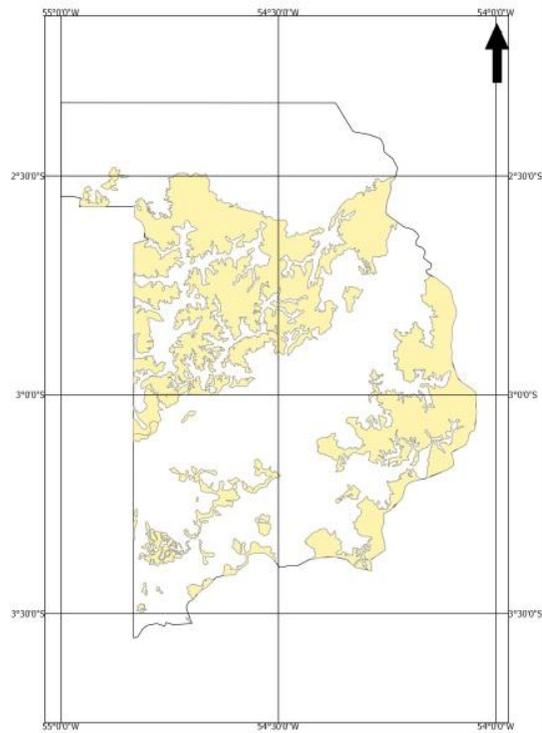


Figura 13: LAd 1 - LATOSSOLO AMARELO distrófico Coeso, A moderado, textura muito argilosa,

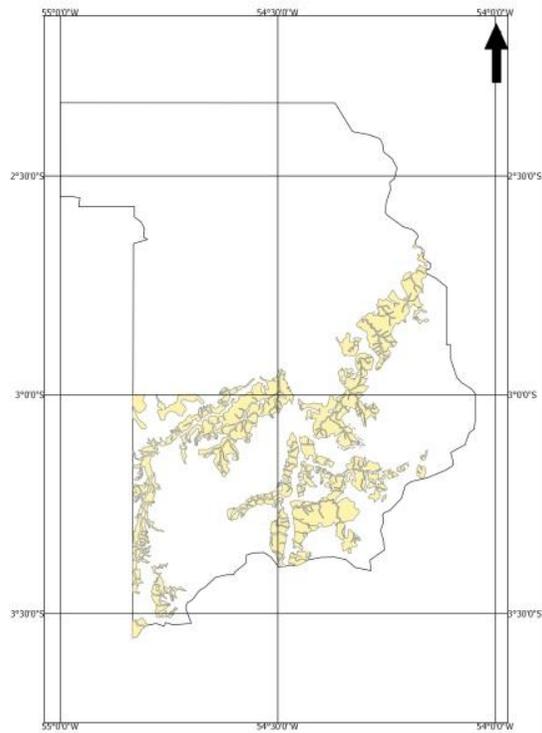


Figura 14: LAd 2 - LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado,

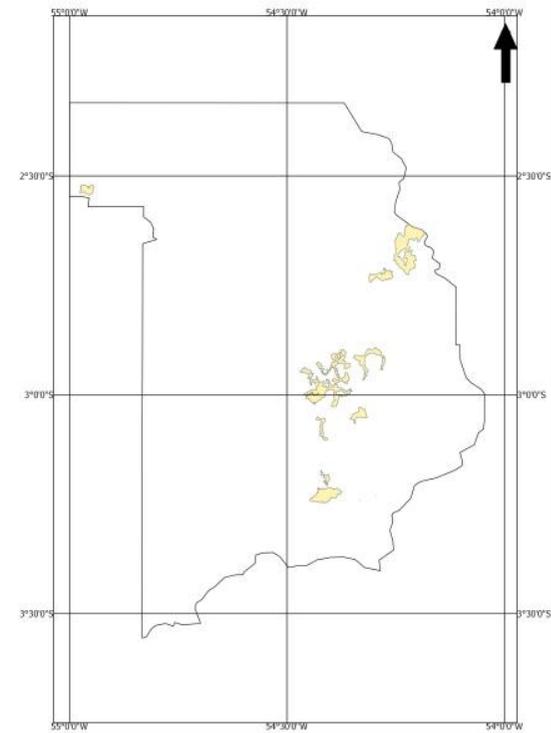


Figura 15: LAd 3- LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Coeso, A moderado, textura argilosa,

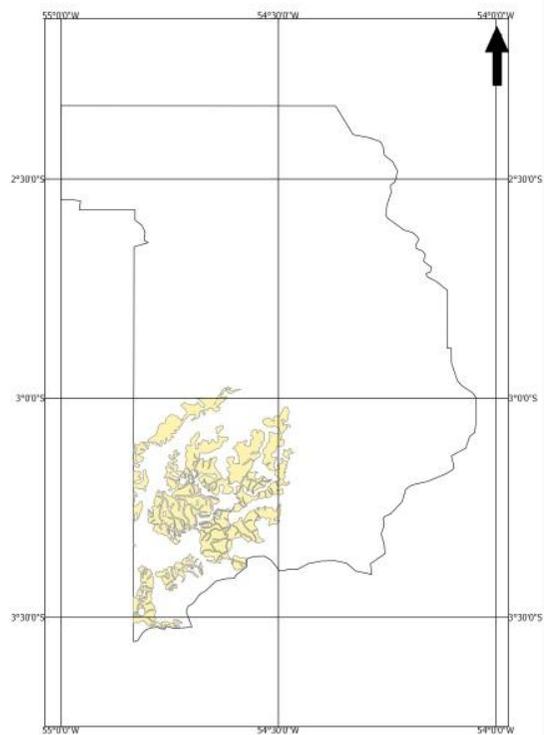


Figura 16: LAd 4- LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, A moderado, textura argilosa,

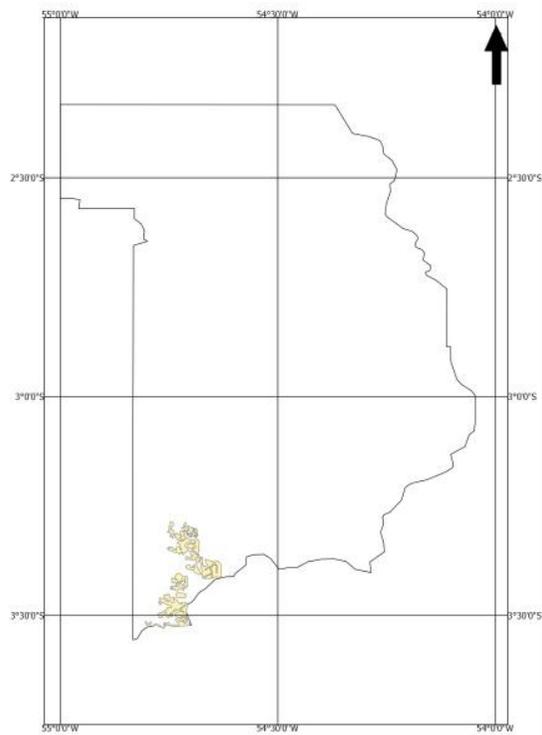


Figura 17: LAd 5 - LATOSSOLO AMARELO distrófico Pálido, A moderado, textura muito argilosa

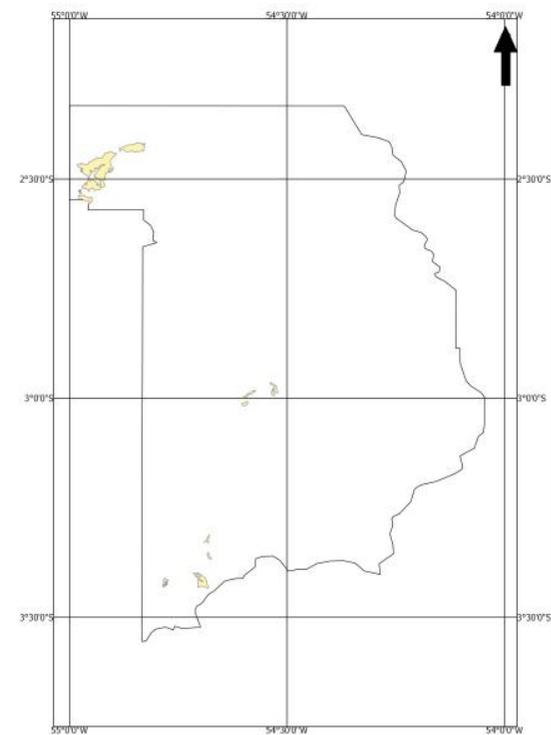


Figura 18: LAd 6- LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado,

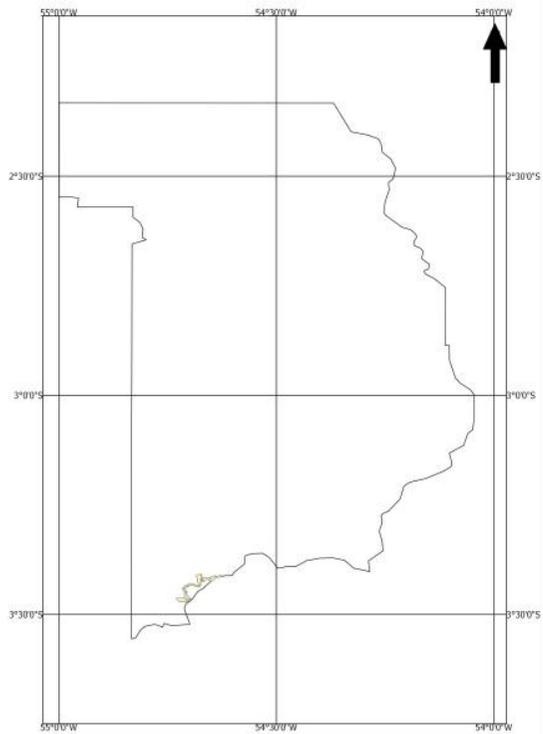


Figura 19: LAd 7- LATOSSOLO AMARELO distrófico Concrecionário, A moderado, textura muito argilosa,

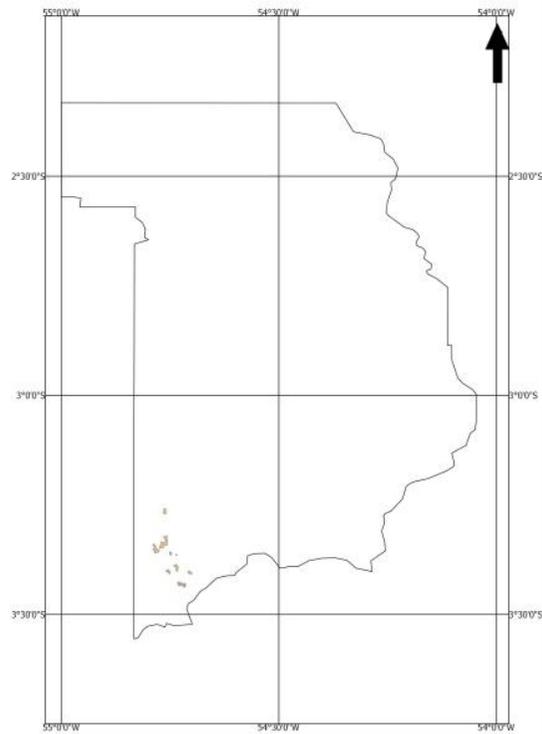


Figura 20: LV- LATOSSOLO VERMELHO distrófico Típico, textura argilosa, A moderado.

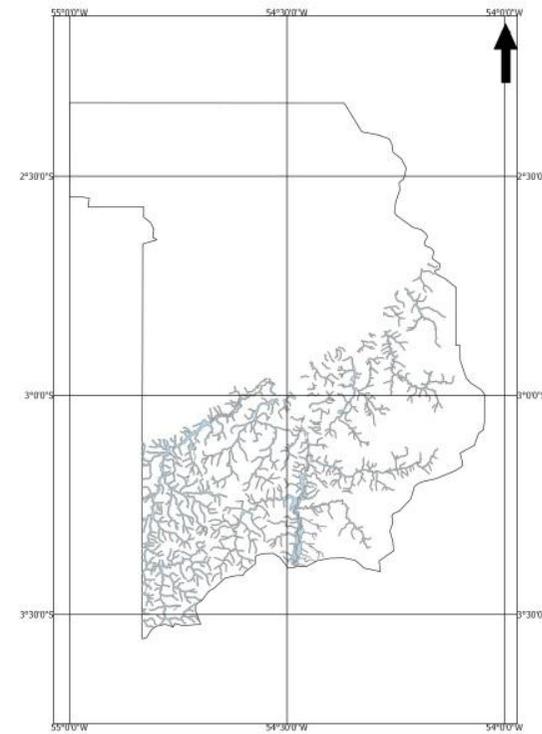


Figura 21: GXbd GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico Típico, textura Argilosa, A moderado + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura media

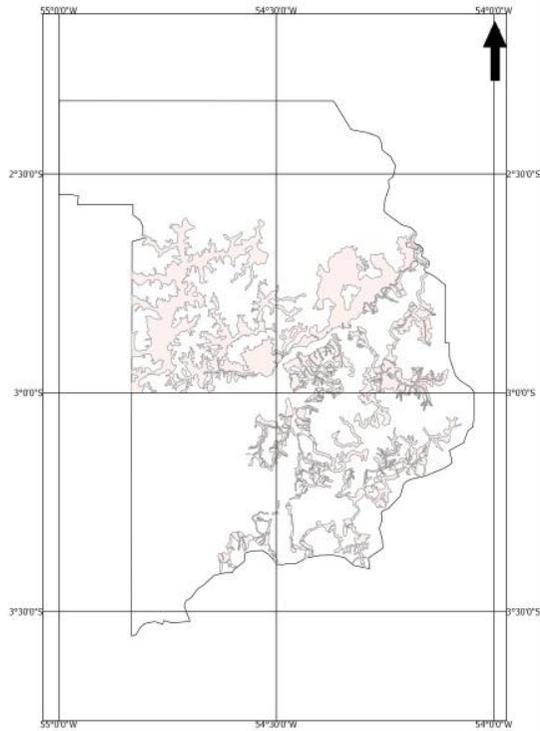


Figura 22: PAD1- ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura argilosa /muito argilosa, + LATOSSOLO AMARELO distrófico típico textura média

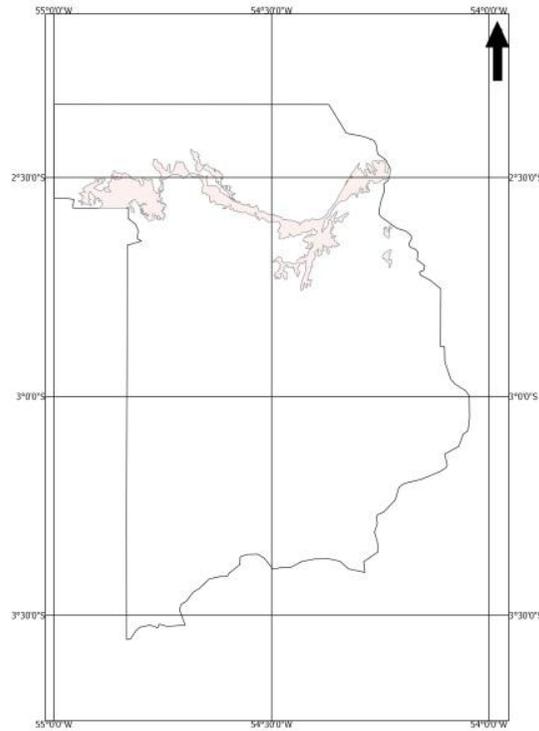


Figura 23: PAD 2 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura muito argilosa

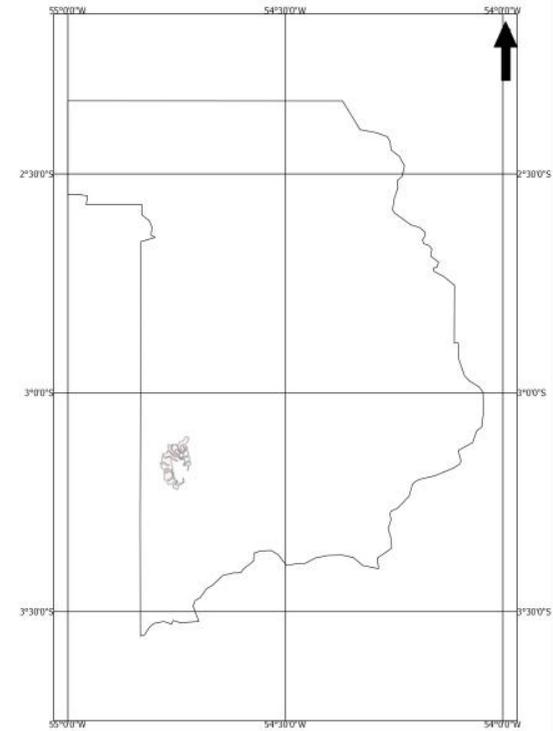


Figura 24: PAD 3- ARGISSOLO AMARELO Distrófico A abruptico A moderado arenosa + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico textura média

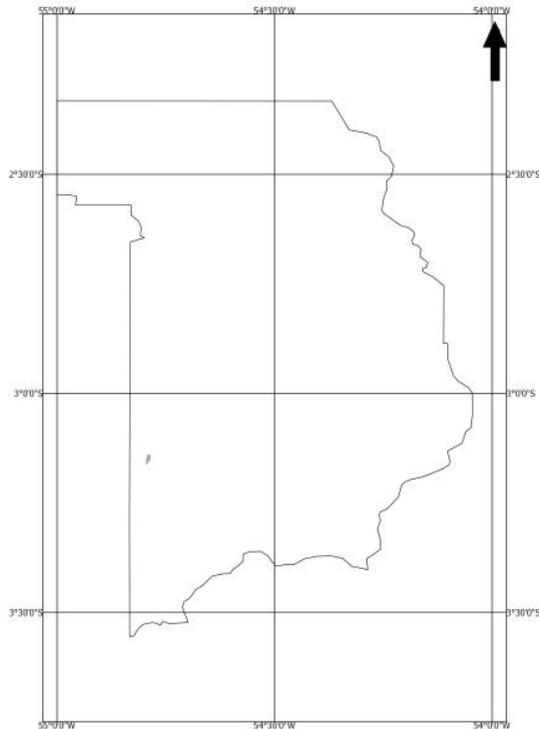


Figura 25: ESg - ESPODOSSOLO FERROHUMIFLUVICO Hidromórfico típico, A proeminente + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO, A moderado.

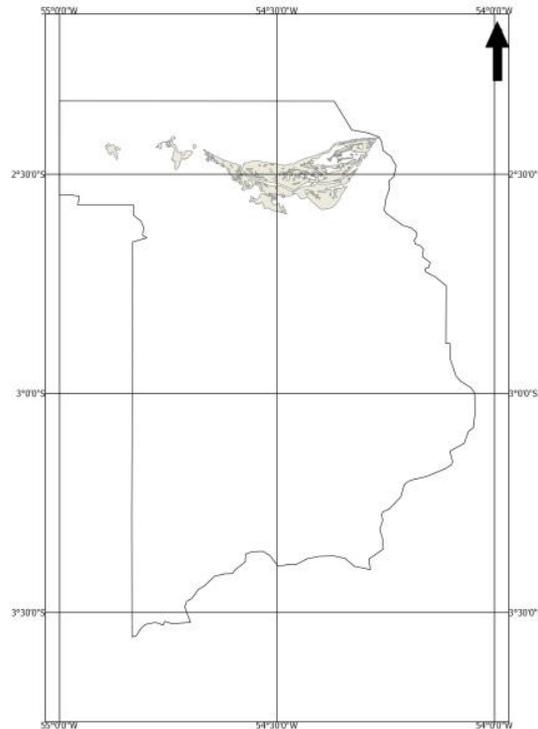


Figura 26: RUve 1 NEOSSOLO FÚLVICO Ta Eutrofico típico, A moderado, textura média, + GLEISSOLO HÁPLICO A moderado, textura siltosa,

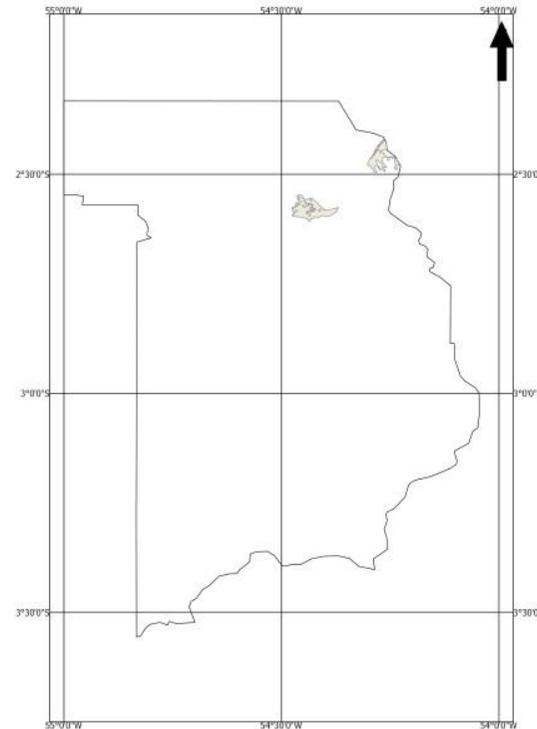


Figura 27: RUve2 NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado, Plano + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, + ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média argilosa

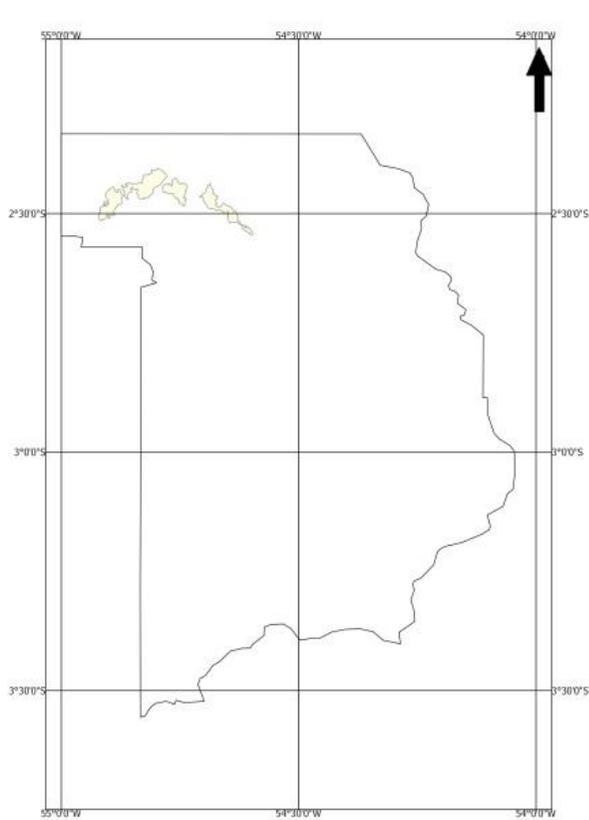


Figura 28: RQo 1 NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A proeminente, +LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado,

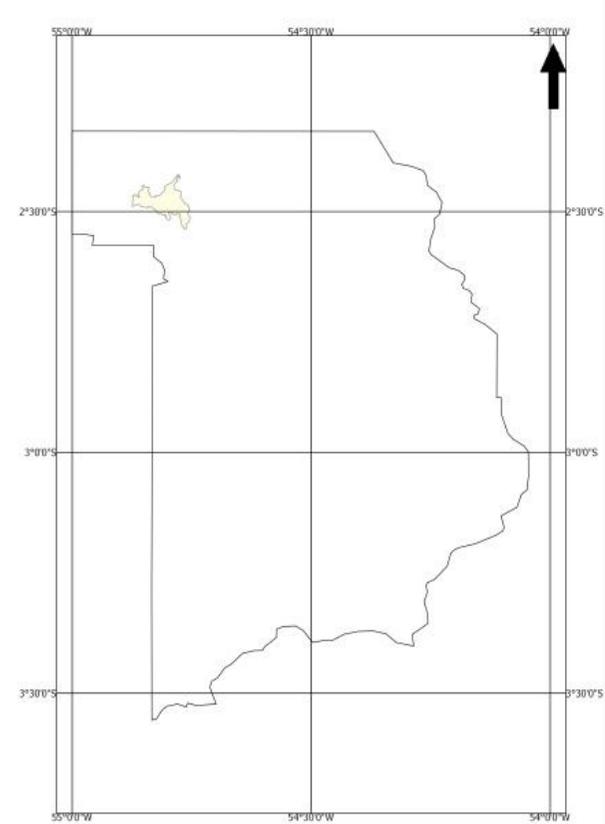


Figura 29: RQo 2 NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico, A moderado, Plano + LATOSSOLO AMARELO distrófico Típico, textura média, A moderado, + ARGISSOLO AMARELO Distrófico Típico A moderado textura média argilosa

5 CONCLUSÕES

A partir das metodologias aplicadas foi elaborado um mapa de solos da região sudeste do município de Santarém (bacia do rio Curuá-Una) na escala 1:100.000, com eficiência e baixo custo. Deste mapeamento de solos foi possível descrever morfológicamente e classificar os tipos de solos desta região. Os LATOSSOLOS AMARELOS são predominantes, totalizando 68,25% da área estudada como unidade isolada e 25,24% em associação com ARGISSOLO AMARELO e 6,51% associado a GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico Típico. Dentre as áreas de LATOSSOLO AMARELO, a unidade LATOSSOLO AMARELO Distrófico coeso de textura muito argilosa, compreende 38,69% da área total estudada. Esta unidade está situada nas porções mais elevadas da paisagem compreendendo os platôs.

Com a conclusão do mapa de solos da região sudeste do município de Santarém (bacia do rio Curuá-Una) foi possível elaborar o mapa de solos total dos municípios de Mojuí dos Campos e do município de Santarém. Estas áreas merecem destaque devido a grande influência da BR 163 e da PA 370. Estas rodovias pavimentadas atuam como importantes vias de transporte e escoamento da produção agropecuária, tanto para o Sul do Brasil, quanto para a área urbana de Santarém.

Estes resultados para a região de Santarém minimiza a carência de informações sobre os solos, principalmente sobre áreas que estão sujeita a exploração agropecuária, mas que não possuem mapas de solos com bom detalhamento. Novas pesquisas em solos devem prosseguir na região, principalmente com o intuito de desenvolver tecnologias adaptadas a produção agropecuária, de forma que gere o mínimo de dano ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral, projeto **RADAMBRASIL FOLHA SA 21-SANTARÉM**, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso potencial da Terra, Rio de Janeiro 1976.

BRASIL, Ministério da Agricultura, 2010 **AGRONEGÓCIO BRASILEIRO EM NÚMEROS**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arqeditor/file/Sala%20de%20Imprensa/Publica%C3%A7%C3%B5es/gráficos_portugues_corrigido2.pdf >. Acesso em: 7/11/ 2012

BRASIL, Ministério dos transportes, **Porto de Santarém**, disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/> Acesso em: 8/11/ 2012

BRASIL, Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, novo código florestal brasileiro, disponível http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm

CHAGAS, C.S. Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros. 2006. 223 p. Tese (Doutorado em solos e nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

DIAS-FILHO, M.B. **Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira**, Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, p.243-252, 2011

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Caracterização dos solos da área do planalto de Se/terra, município de Santarém, Estado do Pará / Tarcísio Ewerton Rodrigues ...et al. - Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001,55p.; 22cm. - (Embrapa Amazônia Oriental Documentos, 115) <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. **Levantamento exploratório-reconhecimento de alta intensidade e aptidão agrícola dos solos da área compreendida entre os km 81 e 152 da Rodovia Santarém-Cuiabá e o rio Curuá-Uma.** Tarcíslo Ewerton Rodrigues e outros. Rio de Janeiro, 1980. 119 P. Ilust. (Boletim Técnico, 70) <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Zoneamento Ecológico-Econômico da Rodovia BR 163, Rodovia Cuiabá-Santarém. <http://zeebr163.cpatu.embrapa.br>

FAO – Organização das Nações Unidas Para a alimentação e Agricultura. Global agriculture towards 2050. High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050, Office of the Director, Agricultural Development Economics Division Economic and Social Development Department Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy, 2009.

GIASSON, E. ; INDA A. V., NASCIMENTO, P. C.; **Estimativa do benefício econômico potencial de dois levantamentos de solos no Estado do Rio Grande do Sul**, Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.2, p.478-486, mar-abr, 2006

GlobalSoilMap.net – **A New Digital Soil Map of the World** , MEA Bulletin - Guest Article No. 71 - Thursday, 11 June 2009, www.globalsoilmap.net. Acessado 26/10/2012.

HOOSBEEK, M. R. Towards the quantitative modeling of pedogenesis: a review Reply. Pedology beyond the soil-landscape paradigm: pedodynamics and the connection to other sciences. Geoderma 63, ELSEVIER, 1994.

INCRA- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria. Acervo fundiário. Site oficial <http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/interface/incra.html?e0nfqdik740q673ui9772fu5t0>. Acesso 24/02/2014

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto TerraClass, Dados TerraClass 2010, http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php

KER, J , C, latossolos do brasil: uma revisão geonomos, 5(1):17-40

LEPSCH, I F. Formação e conservação dos Solos: Oficina de Textos, 2002, 117p São Paulo, Brasil.

MANUAL TÉCNICO DA VEGETAÇÃO BRASILEIRA. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p. (manuais técnicos em geociências, n.1).

MAPA DE SOLOS DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE: Embrapa Solos, 2001. Mapa. Escala 1:5.000.000.

MANUAL TÉCNICO DE PEDOLOGIA. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2007. 316 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 4).

MANUAL TÉCNICO DE GEOMORFOLOGIA. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009. 182 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 5).

MATA, H. T. da C.; LADU, L.; SANTOS, G. J. dos; OLIVEIRA, G. G.; GERMANI, G. I.; COUTO, V. de A. O dilema dos agrocombustíveis e a segurança alimentar: elementos de reflexão. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. Anais... Brasília, DF: EcoEco, 2009.

MENDONÇA -SANTOS M.L. ;SANTOS H.G. **the state of the art of brazilian soil mapping and prospects for digital soil mapping.** IN: LAGACHERIE P., MCBRATNEY A.B. and. VOLTZ M. (Ed) Developments in Soil Science, volume 31, Chapter 3, Amsterdam , Elsevier 2007.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 15 abr. 2012.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação-** Viçosa: Ed. UFV, 2005.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). United States Geological Survey (USGS). Shuttle radar topography mission data (SRTM). Sioux Falls: USGS, 2000.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, MG: Núcleo de Estudo de Planejamento e Uso da Terra, 1999. 367 p.

RODRIGUES, T. E. ; SANTOS, P. L.; dos OLIVEIRA JUNIOR, R. C. ; de VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L.; da CARDOSO JÚNIOR, E. Q. **Caracterização dos solos da área do planalto de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará**. 2001 Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 54 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 115). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/403589>

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; CORREA, J.R.V. Caracterização dos solos do Município de Belterra, Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 39p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 88) <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle>

REICHARDT K. & TIMM, L. C. (2008), Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Ed. Manole, Barueri, SP. 478p. Capítulos 3.

SANTOS, P.R.A. do; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L.C. de. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. Revista Brasileira de Cartografia, n. 58/01, Abril 2006, p. 101-107.

SANTOS, R D. Manual de descrição e coleta de solos no campo 5^a edição, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo.

SEMPPLAN- Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral, Prefeitura Municipal de Santarém, Principais produtos de Santarem. <http://www.santarem.pa.gov.br/>.

VALERIANO, M. M. Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) São José dos Campos, 2008. <http://www.dsr.inpe.br/topodata>

VENTURIERI, A.; COELHO, A. S.; THALES, M.S.; BACELAR M.D.R; Análise da expansão da agricultura de grãos na região de Santarém e Belterra, Oeste do estado do Pará. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 7003-7010.