

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL VISANDO A PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS EM SÃO LUIZ DO PARAÍTINGA, SÃO PAULO, BRASIL ¹

AREAS IDENTIFICATION FOR FOREST RESTORATION AS STRATEGY FOR DISASTER PREVENTION IN SÃO LUIZ DO PARAÍTINGA, SÃO PAULO, BRAZIL

Ewerton Danilo Souza SANTOS^{2,5}; Humberto GALLO JUNIOR ³; Helena Saraiva Koenow PINHEIRO⁴

RESUMO - O aumento dos casos de inundações e movimentos de massa associados à presença humana expõe a necessidade de compreender os fatores condicionantes e intensificadores dessas ocorrências, além da atuação preventiva. O objetivo do presente trabalho foi identificar áreas para a restauração florestal no município de São Luiz do Paraitinga-SP (Brasil), visando a redução de desastres naturais e preservação ambiental em nível local. Para tal, a metodologia adotada envolveu os seguintes procedimentos: levantamento bibliográfico e de dados sobre a área de interesse; identificação das vulnerabilidades e riscos socioambientais presentes no município; análise de correlação entre áreas suscetíveis a inundação e deslizamentos de encostas, com uso e ocupação do solo, Áreas de Preservação Permanente e com Unidades de Conservação. Para realizar o processamento dos dados coletados utilizou-se o software ArcGIS v.10. Por meio da análise espacial dos dados adquiridos, constatou-se que aproximadamente 32% das Áreas de Preservação Permanente do município estão localizadas sobre áreas com alta suscetibilidade a escorregamentos. Cerca de 54% desta área é constituída por pastagens, solo exposto e área urbana. Além disso, 8,7% das Áreas de Preservação Permanente situam-se em locais de média e alta suscetibilidade à inundação. Diante dos resultados observados, torna-se evidente a necessidade da implantação de ações de mitigação e de planos de restauração florestal, principalmente nas áreas mais intensamente afetadas pela ação humana, para reduzir os riscos de desastres naturais e melhorar a qualidade de vida e ambiental.

Palavras-chave: Inundação; Prevenção de risco; Movimentos de massa, Preservação ambiental.

ABSTRACT - Flooding and landslide associated to human presence has increased, highlighting the need to understand the factors that condition and intensify these occurrences, besides the preventive action. The main goal of this research was to define areas for forest restoration in the municipality of São Luiz do Paraitinga-SP (Brazil), addressing the risk prevention, local environmental preservation and impact mitigation arising from natural processes. The methodology involved bibliography researching about the interested area, vulnerability and socioenvironmental risks in the county, correlation between susceptible areas, land use and occupation, Permanent Preservation Areas and Conservation Units. Data were processed using ArcGIS v.10. According to results, approximately 32% of the Permanent Preservation Areas are located in high landslides susceptibility areas, and about 54% of these areas are located over pastures, exposed soil and urban area. Besides that, 8,7% of Permanent Preservation Areas are located in mid and high flooding susceptibility areas. Considering the achieved results, the need to implement forest recovery projects is evident, meanly in areas with high human intervention to reduce disaster risks and improve the quality of life and the environment.

Keywords: Flooding; Risk prevention; Landslide; Environmental preservation.

¹ Recebido para análise em 16.06.2021. Aceito para publicação em 13.06.2022. Publicado em 16.12.2022.

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465 km 7, 23897-000, Seropédica, RJ, Brasil.

³ Instituto de Pesquisas Ambientais, Rua do Horto, 931, 02377-000, 05459-900, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, BR-465 km 7, 23897-000, Seropédica, RJ, Brasil.

⁵ Autor para correspondência: ewerton.dsantos@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea produz e vivencia diversos riscos (Beck, 2010), em especial as populações que residem em áreas suscetíveis aos riscos geodinâmicos, como os movimentos de massas e as inundações, estando mais vulneráveis a perdas e danos físicos e materiais.

A vulnerabilidade consiste no conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma população ao impacto de um evento natural. Por sua vez, o risco representa a possibilidade desses eventos naturais ou induzidos pelo homem gerarem consequências danosas ou prejudiciais à sociedade, ou seja, o risco envolve uma comparação entre a probabilidade de um fenômeno ocorrer multiplicado pelas suas consequências (Tominaga, 2015).

Impactos associados a eventos naturais extremos expõem a necessidade de se colocar em prática políticas mais efetivas voltadas ao melhor planejamento da ocupação das terras e consequente mitigação desses danos. Segundo Andrade et al. (2014), a impermeabilização do solo, principalmente nos setores com maior declividade e próximos à calha do córrego principal de uma cidade, acentua os picos de vazão, tornando os episódios de inundações mais frequentes e agressivos à estrutura urbana. Além disso, esse problema não está limitado apenas às grandes metrópoles. Cidades menores e interioranas também estão vulneráveis a casos semelhantes, onde, da mesma forma, inúmeros impactos econômicos e socioambientais estão ligados à ocorrência de fenômenos extremos.

A importância dos rios no crescimento de um centro populacional é irrefutável e, a forma como uma cidade se desenvolve e se organiza espacialmente ao redor dele está diretamente relacionada com os incidentes provocados por períodos chuvosos mais intensos ou duradouros. Historicamente, os rios apresentam importância em diversos segmentos de uma sociedade, envolvendo o consumo, higiene e desenvolvimento das atividades agrícolas e artesanais, assim como comércio e locomoção. Eles viabilizam as cidades e, portanto, a civilização.

Todavia, conforme exposto por Baptista e Cardoso (2013), os impactos hidrológicos e ambientais do crescimento urbano desordenado não tardam a aparecer. Como resultado de um cenário pontuado pela concentração da população em

cidades e densificação populacional, com a frequente ocupação de áreas de risco por habitações irregulares, os prejuízos ambientais e socioeconômicos decorrentes de inundações e de deslizamentos de encostas colocam em questão os modelos de urbanização e sanitários atuais.

Neste contexto, a elaboração de mapas de risco adquire um papel de excepcional importância, tanto para contribuir para um planejamento eficiente de ocupação no perímetro da bacia hidrográfica, quanto para subsidiar aplicações na elaboração de planos de ação em casos extremos e repentinos (Andrade et al., 2014). A identificação das áreas suscetíveis é fundamental para aumentar a segurança da população e a organização espacial das construções, principalmente em cidades que compartilham seu espaço físico com um relevo declivoso ou localizadas muito próximas às planícies de inundação.

A ocorrência de um desastre natural, por sua vez, está condicionada à associação de fatores físicos e antrópicos. Precipitações intensas e prolongadas provocam a saturação de água no solo, que, se associada a uma declividade acentuada e a falta de cobertura vegetal, pode desencadear o deslizamento de uma encosta, por exemplo (Arguello, 2017). Outros fatores ambientais também influenciam na magnitude desses processos, quais sejam: topografia da região, gradiente da encosta, tipo da rede fluvial, tamanho e forma da bacia, regime pluviométrico, geologia local, os tipos de solo e cobertura vegetal (Díez-Herrero et al., 2009). Dentre os fatores de origem antrópica que podem aumentar a probabilidade de ocorrência desses eventos, estão as vulnerabilidades econômicas, sociais, educacionais entre outras, que se somam às modificações na rede de drenagem, uso e ocupação dos solos nas áreas marginais aos rios e o adensamento urbano (Souza, 2009). Desse modo, alguns ecossistemas que sofreram impactos tanto naturais como antrópicos, direta ou indiretamente, podem ser recuperados a partir de atividades de restauração florestal a fim de regenerar sua integridade, sustentabilidade e saúde. A restauração florestal consiste em processos que visam auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (Society for Ecological Restoration International - SER, 2004).

O relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, publicado em 2007, indica o aumento de precipitações nas regiões sul e sudeste do Brasil. Além disso, essas precipitações tendem a ficar cada vez mais intensas, concentradas e mal

distribuídas (Marcelino, 2008). Diante da perspectiva de aumento da ocorrência de eventos extremos e desastres naturais, principalmente em vista das mudanças climáticas, é evidente que ocorram discussões sobre o desenvolvimento de políticas mais efetivas para a diminuição desses eventos e maior preparo para enfrentar os impactos gerados por eles. Como exemplo, cita-se a Terceira Conferência Mundial da Organização das Nações Unidas, realizada em Sendai no Japão, em 2012, a qual estabeleceu um acordo mundial 2015-2030, entre 187 países, para a redução do risco de desastres (Organização das Nações Unidas – ONU, 2015).

O município de São Luiz do Paraitinga passou por uma catástrofe em janeiro de 2010, após precipitações significativas que atingiram 232,7 mm em um período de 72 horas (Brollo et al., 2010) ocasionando a grande inundação do Rio Paraitinga, além de diversos escorregamentos de terra. Esse evento mobilizou diversas instituições técnicas e de pesquisa com a finalidade de gerar subsídios que permitissem compreender o fenômeno, atuar na recuperação e na mitigação e prevenção de desastres futuros (Dias et al., 2011). Em trabalho para avaliação do episódio, Brollo et al. (2010) concluíram que os danos causados pelo evento poderiam ter sido minimizados com a (re) implantação de mata ciliar ao longo de todas as drenagens naturais, revegetação das encostas para controle da erosão e diminuição do escoamento superficial e implantação de sistemas de alerta e monitoramento dos níveis de água no curso do rio principal.

Diversos projetos e relatórios foram elaborados a fim de conhecer e entender melhor os fatores determinantes na catástrofe ocorrida sobre o centro histórico. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT participou de um desses trabalhos e realizou, em parceria com a Defesa Civil Municipal e a Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo, vistorias técnicas e mapeamentos das áreas de risco na zona urbana do município, permitindo conhecer mais detalhadamente as condições de vulnerabilidade atuais da região.

Com base no contexto apresentado e tendo em vista a preocupação da comunidade científica com o tema, o objetivo desta pesquisa foi identificar áreas para a restauração florestal no município de São Luiz do Paraitinga-SP, visando a prevenção de riscos de desastres naturais e adaptação às mudanças climáticas em nível local. Inicialmente, o objeto de estudo envolveu toda a extensão territorial

do município. Porém, com o desenvolvimento do trabalho verificou-se que uma área menor seria mais viável à restauração florestal. Desse modo, o estudo voltou-se para áreas onde o uso e ocupação do solo com pastagens e solo exposto correlacionavam-se às Áreas de Preservação Permanente – APPs que, por sua vez, se localizavam em regiões inundáveis e com alta suscetibilidade a escorregamentos.

Foi realizado o levantamento de informações e mapeamentos existentes sobre vulnerabilidades e riscos de desastres naturais no município e a correlação entre os dados de uso e ocupação do solo, áreas suscetíveis a escorregamentos e inundações, APPs e Unidades de Conservação – UC.

A perspectiva é oferecer um panorama sobre as áreas mais suscetíveis e desprovidas de vegetação no município e, desta forma, subsidiar ações de restauração florestal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de São Luiz do Paraitinga abrange uma área de aproximadamente 617 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010) e faz divisa com os municípios de Taubaté ao norte, Lagoinha a nordeste, Cunha a leste, Ubatuba ao sul, Natividade da Serra a sudoeste e Redenção da Serra a oeste (Figura 1). Regionalmente, ele está localizado no Alto Vale do Paraíba Paulista, no setor leste do estado de São Paulo (Mello, 2017).

De acordo com o censo realizado em 2010 pelo IBGE, São Luiz do Paraitinga possuía uma população estimada em 10.397 pessoas, com densidade demográfica de 16,84 habitantes por km². Cerca de 40% dos munícipes residem em áreas rurais (IBGE, 2010).

O município é cortado por dois rios principais, os rios Paraitinga e Paraibuna. O primeiro, mais interessante para o presente estudo, contorna todo o centro urbano do município e tem sua nascente localizada na Serra da Bocaina, no município de Areias, SP. O Rio Paraibuna, por sua vez, tem sua nascente situada no município de Cunha, também no território paulista. Em relação às Unidades de Conservação presentes no município, se encontram o Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Santa Virgínia), a Reserva Particular do Patrimônio Natural Águas Claras e uma pequena porção da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Paraíba do Sul.

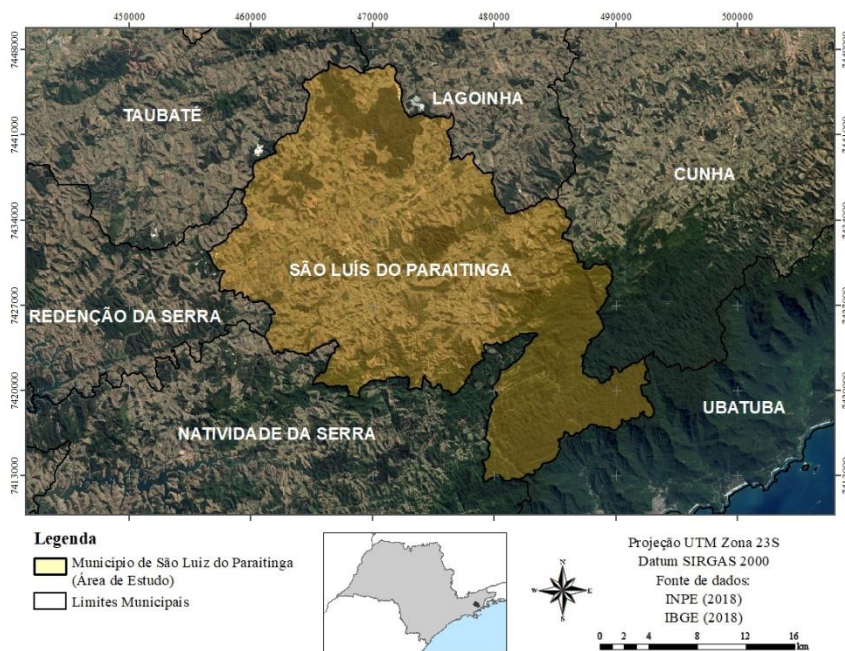


Figura 1. Localização da área de estudo: Município de São Luiz do Paraitinga, SP.

Figure 1. Study area location: Municipality of São Luiz do Paraitinga, SP.

A paisagem da região apresenta-se como um complexo mosaico heterogêneo dominado por pastagens, florestas e área urbana. O uso intensivo da terra durante os diversos ciclos econômicos, como os ciclos da cana de açúcar e do café, resultou no esgotamento do solo e, consequente ocupação deste por áreas de pasto. Condições de pastos abandonados, solos pouco espessos e relevos íngremes deram lugar à prática da silvicultura, uso que tem ganhado destaque na região durante as últimas décadas (Camarinha et al., 2011, 2013). Apesar das florestas possuírem uma representatividade alta na cobertura do solo, elas constituem-se de fragmentos isolados e sem muita conexão entre si. É possível observar uma concentração mais densa e preservada dessa classe somente ao sul do município, no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia. O uso e ocupação do solo representa um importante parâmetro mensurador da suscetibilidade e risco em uma determinada área, principalmente quando relacionado a escorregamentos. O planejamento inadequado do uso e ocupação do solo se torna um importante catalisador na ocorrência de desastres envolvendo fenômenos naturais.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraitinga abrange uma área de 2.430 km² e encontra-se entre as

coordenadas métricas UTM 7.487.427 m e 7.417.382 m de latitude sul e 451.060 m e 536.166 m de longitude oeste (Figura 2). A bacia é composta por 38 afluentes, os quais abastecem o rio principal desde sua nascente até sua foz no reservatório em Paraibuna (Arguello, 2017). Destaca-se que, ao unir-se com o Rio Paraibuna no Reservatório de Paraibuna, o Rio Paraitinga passa a formar o principal rio do Vale do Paraíba, o Rio Paraíba do Sul.

Camarinha et al. (2013) indicam que a região da bacia hidrográfica pode apresentar altitudes de 500 metros nas porções próximas do Rio Paraitinga e da represa de Paraibuna. Em regiões a noroeste da bacia e nas encostas que vão em direção ao topo da Serra do Mar, onde as altitudes variam entre 1.300 e 1.700 metros.

De acordo com Soares et al. (2008), a precipitação em áreas mais próximas a Serra da Mantiqueira e Serra do Mar podem atingir valores de 2.200 a 2.800 mm anualmente, contrastando com os valores obtidos na região do Vale do Paraíba, os quais não ultrapassam os 1.300 mm.ano⁻¹. Esse índice pluviométrico anual é controlado pelas massas tropicais e equatoriais. Os períodos mais críticos quanto à ocorrência de escoamentos e inundações são os meses de dezembro a março,

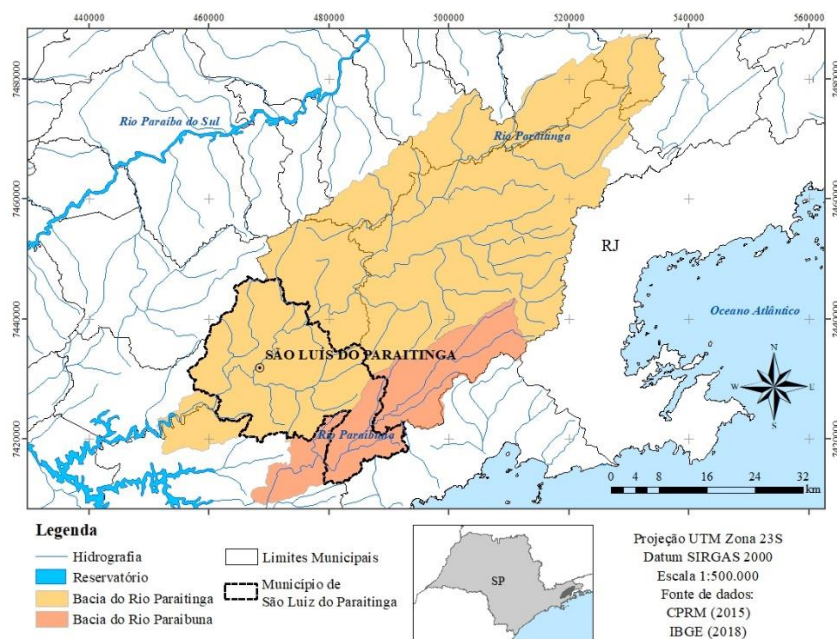


Figura 2. Bacias hidrográficas que cortam o município de São Luiz do Paraitinga.

Figure 2. Watersheds covering the São Luiz do Paraitinga County.

devido aos excedentes hídricos, contribuindo também para o aumento das ocorrências de movimentos de massa.

O clima da região é classificado como subtropical quente, com temperatura anual média variando entre 18 e 24°C. Os meses com maiores índices de precipitação são dezembro, janeiro e fevereiro, enquanto que, os meses de junho, julho e agosto apresentam baixos valores pluviométricos caracterizando períodos mais secos (Mello, 2017). Quanto à classificação de Köppen-Geiger, o clima é definido como Cfb, indicando clima tropical e verão ameno (Kottek et al., 2006).

A região é caracterizada por duas unidades geológicas-geomorfológicas distintas: rochas pré-cambrianas associadas a relevos de morros e serras, e sedimentos terciários associados a relevos suaves (Soares et al., 2008). E segundo Almeida (1964) está localizada sobre o Planalto do Paraitinga/Paraibuna, o qual compõe uma das unidades geomorfológicas da Província do Planalto Atlântico. Geologicamente, há o predomínio de gnaisses, micaxistos e corpos graníticos incluídos no Complexo Cristalino Brasileiro. São observados diques de diabásio, alguns com extensões quilométricas e, em menor quantidade, filitos. As estruturas planares e lineares das rochas gnáissicas, graníticas e dos micaxistos, apresentam direções preferenciais ENE, assim como as fraturas predominantes. Outras direções também podem ser

observadas com menos frequência, tais como NNW e NNE.

A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana e Alto-Montana (IBGE, 2012), com altitudes entre 500 e 1.700 metros. As características ombrotérmicas dessa vegetação envolvem fatores climáticos tropicais de elevada temperatura (médias de 25°C) e alta precipitação bem distribuída ao longo do ano, mesmo em épocas com menor volume pluviométrico, permitindo que o sistema bioecológico não possua um período biologicamente seco.

Em trabalho desenvolvido por Dias et al. (2011), é apresentado que o uso do solo com pastagem, regeneração e cultivo implica em 66% do total da área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraitinga. Em outro extremo, a área composta por mata na bacia, embora com porcentagem significativa (26%), se encontra bastante fragmentada e dispersa, impedindo que uma vegetação mais densa minimize o efeito erosivo da chuva.

De acordo com Soares e Soares (2010) apud Arguello (2017), o solo compactado pelas pastagens e o uso regular de queimadas provocaram o empobrecimento do solo, contribuindo para o aumento da erosão e contínuo assoreamento do rio. Soma-se a isso, a pouca proteção natural das faixas marginais em algumas partes do rio, evidenciada pela escassez de mata ciliar.

2.2 Metodologia

Para o processamento dos dados e aquisição das informações, usufruiu-se de opções disponíveis em plataformas computacionais. Os materiais e software utilizados são listados a seguir.

- Software ArcGIS v.10.3 (ESRI, 2014);
- Base cartográfica das curvas de nível, pontos cotados altimétricos, trecho de drenagem e massa d'água das Folhas SF-23-Y-D-III-1, SF-23-Y-D-III-2, SF-23-Y-D-III-3 e SF-23-Y-D-III-4, em escala 1:50.000, obtidas através do Banco de Dados Geográficos do Exército – BDGEx;
- Cartas de suscetibilidade a inundação e deslizamentos de São Luiz do Paraitinga, em escala 1:25.000, fornecidas pelo Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM;

- Mapa de Uso e Ocupação da Terra no Vale do Paraíba do Sul, SP, no ano de 2015 (resolução espacial de 30m). O mapa foi elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2016) e disponibilizado através do portal GEOINFO;
- Base cartográfica das Unidades de Conservação municipais, estaduais e federais em escalas variáveis (1:5.000 a 1:100.000), disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA;

Os dados de entrada e os produtos gerados neste trabalho foram projetados no sistema de coordenadas métricas Universal Transverse Mercator – UTM, Zona 23S, adotando como datum horizontal o SIRGAS 2000, conforme Resolução N.1/2005 (IBGE, 2005).

O trabalho compreendeu os seguintes procedimentos metodológicos (Figura 3):

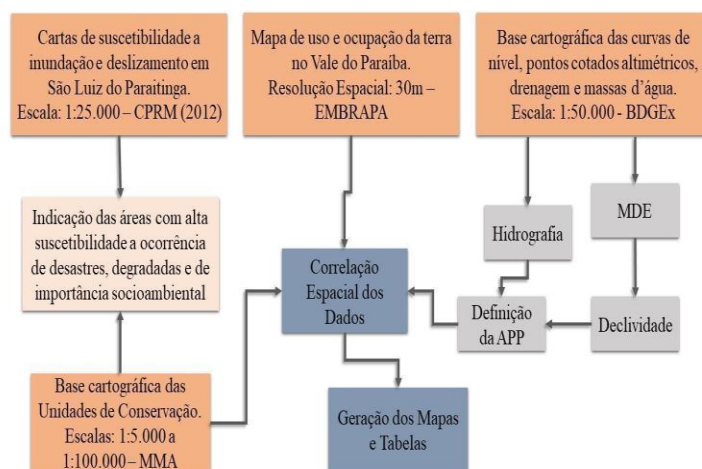


Figura 3. Metodologia simplificada.

Figure 3. Simplified methodology.

A partir do levantamento e estudo dos mapeamentos de suscetibilidade existentes, coleta de dados e definição dos melhores elementos a serem avaliados, realizou-se a correlação e a análise dos dados adquiridos, tais como APP, UC e uso e ocupação do solo no município no ano de 2015, permitindo identificar as áreas propícias para a restauração florestal.

O Modelo Digital de Elevação – MDE, utilizado para representar numericamente a variação da altimetria de uma região (Pinheiro, 2015), é um produto matricial que representa um modelo de

superfície de terreno descoberto, isto é, supostamente não são consideradas construções, árvores e objetos não naturais em sua representação (Zhou, 2017). Contudo, o MDE gerado neste trabalho contribuiu para a aquisição de dados secundários como a declividade e posteriormente, para a definição das APPs do município.

O MDE, de resolução espacial 30m, foi obtido por meio da interpolação dos dados de curvas de nível, hidrografia e pontos cotados altimétricos. A declividade do relevo, por sua vez, foi derivada a partir do MDE utilizando a função “Slope” do

módulo “Spatial Analyst Tools: Surface” presente no software ArcGIS v.10.3.

As APPs foram delimitadas de acordo com “Novo Código Florestal”, a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012) e as UCs em formato vetorial foram obtidas por meio da plataforma i3GEO, do Ministério do Meio Ambiente. As cartas de hidrografia permitiram a definição das APPs relacionadas aos cursos naturais d’água e nascentes – “I - As faixas marginais de qualquer curso d’água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; IV - As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água, qualquer que seja a sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;” –, a partir do MDE e da declividade foi possível obter as APPs relacionadas ao relevo – “V - As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; IX - No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;”.

O mapeamento de suscetibilidade a escorregamento e inundação foi realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, no ano de 2012, em escala 1:25.000. Os procedimentos e técnicas utilizadas para a realização do mapeamento citado podem ser encontrados em Bitar et al. (2014).

A classificação do uso e ocupação do solo foi realizada pela EMBRAPA (2016), a partir de classificação do tipo não supervisionada das imagens do satélite LANDSAT-8 (Sensor OLI, resolução espacial de 30 m, cenas 218/076 e 219/076).

A correlação dos dados permitiu identificar, classificar e quantificar as áreas de uso e ocupação do solo localizadas em áreas protegidas (APP e UC) e suscetíveis a escorregamento, subsidiando a identificação das áreas propícias à restauração florestal. Isto é, áreas com elevado grau de suscetibilidade ao escorregamento, associadas ao uso indevido, diante do tipo de uso e ocupação do solo e a importância de preservação do ponto de vista ambiental.

Inicialmente, o mapa de uso e ocupação do solo foi correlacionado às áreas inundáveis, APP e zonas de alta suscetibilidade a escorregamento por interseção. Os valores obtidos para cada classe foram tabelados em 3 colunas correspondendo a áreas inundáveis, áreas protegidas (APP e UC) e áreas suscetíveis a escorregamentos. É importante ressaltar que, existe a possibilidade de sobreposição de áreas, isto é, APPs sobre áreas inundáveis e APPs sobre zonas com alto potencial de escorregamento. A sobreposição de áreas de inundação e zonas de escorregamento é improvável, uma vez que os fatores naturais envolvidos em cada processo possuem características inversas, ou seja, para que haja uma inundação é necessário a presença de um relevo suave, enquanto os escorregamentos ocorrem em relevos acidentados.

Por meio da avaliação das informações obtidas, observou-se a presença significativa de APPs associadas a zonas de alta suscetibilidade a escorregamento no município. Desta forma, optou-se por dar foco à área de correlação e análise. Os mapas vetoriais de APP e de zonas de alta suscetibilidade a escorregamento foram interseccionados e, a partir do resultado obtido, repetiu-se a interseção, desta vez com o produto da primeira operação com o mapa de uso e ocupação do solo. Os setores de alta suscetibilidade a escorregamento foram isolados e correlacionados por meio de interseção com as APPs. Após a delimitação destas áreas, identificou-se o uso e ocupação do solo presente sobre elas considerando as classes pasto, solo exposto e área urbana.

Por fim, optou-se por ampliar o foco de análise, voltando a atenção para áreas mais relevantes considerando a possibilidade de futuros desastres naturais. Assim, definiu-se como foco das correlações, as áreas ocupadas por pastagem e solo exposto associadas à interseção das APPs com as regiões de alta suscetibilidade a escorregamento e inundação, isto é, todas as áreas dentro de APP com alto potencial para desencadear escorregamento ou inundação foram consideradas propícias à restauração florestal, desde que ocupadas por pastagem ou solo exposto. As classes de uso e ocupação do solo escolhidas possuem uma forte influência nos processos naturais, atuando na variação dos processos erosivos e na taxa de infiltração de água no solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4-A apresenta as Áreas de Preservação Permanente e o uso e ocupação do solo no

município de São Luiz do Paraitinga. Observa-se uma área próxima ao centro urbano (Figura 4-B), onde é possível visualizar com maior detalhe as categorias mapeadas.

A Figura 5-A mostra as regiões suscetíveis à inundação e escorregamento no município São Luiz do Paraitinga. Observa-se uma área próxima ao centro urbano (Figura 5-B), onde é possível visualizar com maior detalhe, as zonas e seus respectivos graus de suscetibilidade quanto à

ocorrência de escorregamento e inundação.

A Tabela 1 apresenta as classes de uso ocupação do solo no município de São Luiz do Paraitinga no ano de 2015 (EMBRAPA, 2016), e sua respectiva quantificação. A cobertura dominante da classe pasto sobre o município (quase 50%) evidencia a fragilidade do solo no ponto de vista ambiental.

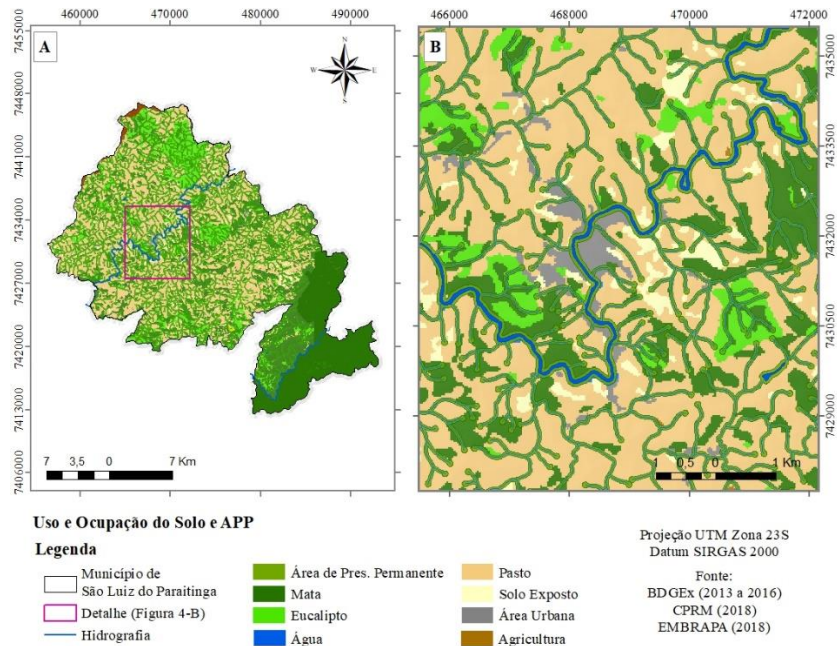


Figura 4. A) Área de Preservação Permanente e Uso e Ocupação do Solo em São Luiz do Paraitinga. B) Detalhe.

Figure 4. A) Permanent Preservation Area and Land use and occupation in São Luiz do Paraitinga municipality. B) Detail.

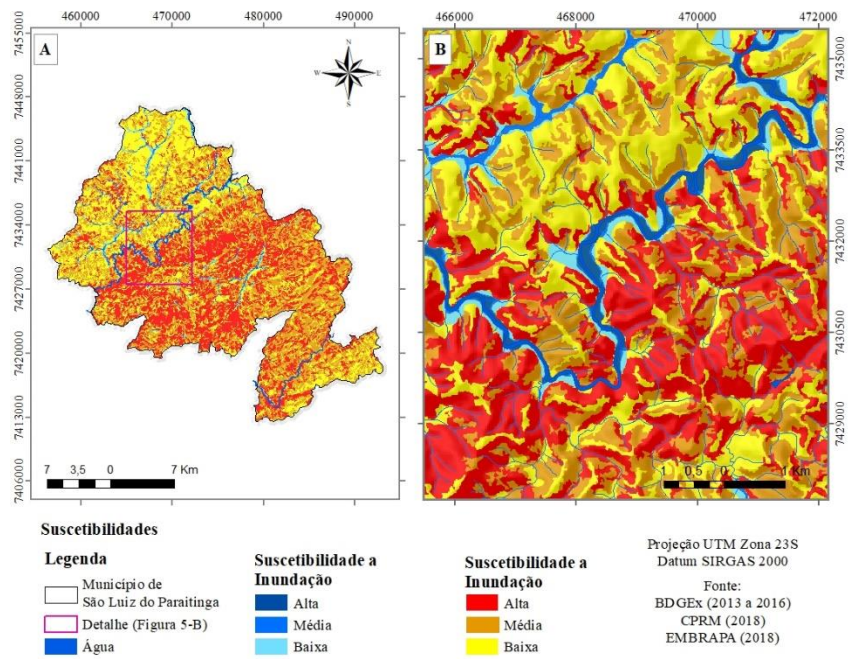


Figura 5. A) Áreas suscetíveis a escorregamento e inundação no município de São Luiz do Paraitinga. B) Detalhe.

Figure 5. A) Landslide and flooding susceptible areas in São Luiz do Paraitinga municipality. B) Detail.

Tabela 1. Uso e ocupação do solo em São Luiz do Paraitinga em 2015.

Table 1. Land use and occupation in São Luiz do Paraitinga em 2015.

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Agricultura	1,77	0,29
Água	1,92	0,31
Área urbana	4,56	0,74
Eucalipto	61,49	10
Mata	230,36	37,3
Pasto	306,70	49,7
Solo exposto	10,00	1,63

Por se tratar de uma região de relevo bastante declivoso, a cobertura vegetal se torna essencial para a estabilização de morros e taludes, proteção esta não fornecida pelo pasto. Além disso, a pastagem acaba empobrecendo o solo, mineral e organicamente, expondo-o e favorecendo processos como a erosão e assoreamento dos rios.

A Tabela 2 mostra as classes de uso ocupação do solo no município de São Luiz do Paraitinga no ano de 2015 (EMBRAPA, 2016) presentes nas Áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação e regiões de alta suscetibilidade a escorregamentos, e a área ocupada por cada uma respectivamente.

Tabela 2. Uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente - APP, Unidades de Conservação - UC e Zonas de alta suscetibilidade a escorregamento.

Table 2. Land use and occupation in Permanent Preservation Areas, Conservation Units and Landslide high susceptibility zones.

Uso e ocupação do solo	Área (km ²)	APP (%)	UC (%)	Zonas de alta suscetibilidade (%)
Agricultura	1,8	0,4	0,03	0,1
Área Urbana	4,6	1	0,01	0,5
Eucalipto	61,5	7	1,6	19,8
Mata	230,4	37,2	81	86
Pasto	306,7	53,6	2,6	87,6
Solo Exposto	10	0,9	0	2,7

A Figura 6-A apresenta o uso e ocupação do solo em APPs, áreas inundáveis e de alta suscetibilidade a escorregamento no município de São Luiz do Paraitinga. Destaca-se que, a área ocupada por APP e UCs no município é de cerca de 177 km² (quase 30% do território municipal), mas como destacado pela Tabela 2, uma grande parcela desta área é constituída pela presença de classes que não

correspondem às características naturais das APPs e UCs.

A presença significativa da classe pasto em Áreas de Preservação Permanente (53,6 km²), por exemplo, ganha destaque, uma vez que essas áreas deveriam estar ocupadas por vegetação nativa de acordo com suas características naturais, aspecto este que pode ser melhor observado na Figura 6-B.

A ocupação do solo por pastagem em áreas com alta suscetibilidade a escorregamento também é relevante, cobrindo aproximadamente 87 km². Embora a presença de matas seja notável, estas estão visivelmente fragmentadas, dificultando o desenvolvimento de uma diversidade bioecológica mais significativa, além de confirmar o exposto por Camarinha et al. (2011, 2013). Vale ressaltar que significativa parte das matas (cerca de 35%) se encontram na Unidade de Conservação –

Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Santa Virgínia).

A Tabela 3 apresenta os valores correspondentes às áreas de pastagem, solo exposto e área urbana localizados em APPs, áreas de inundação (todos os níveis) e alta suscetibilidade a escorregamentos no município de São Luiz do Paraitinga. A tabela também apresenta, na última coluna, a área de cada classe presente em regiões de APP interseccionadas a zonas de alta suscetibilidade a escorregamentos.

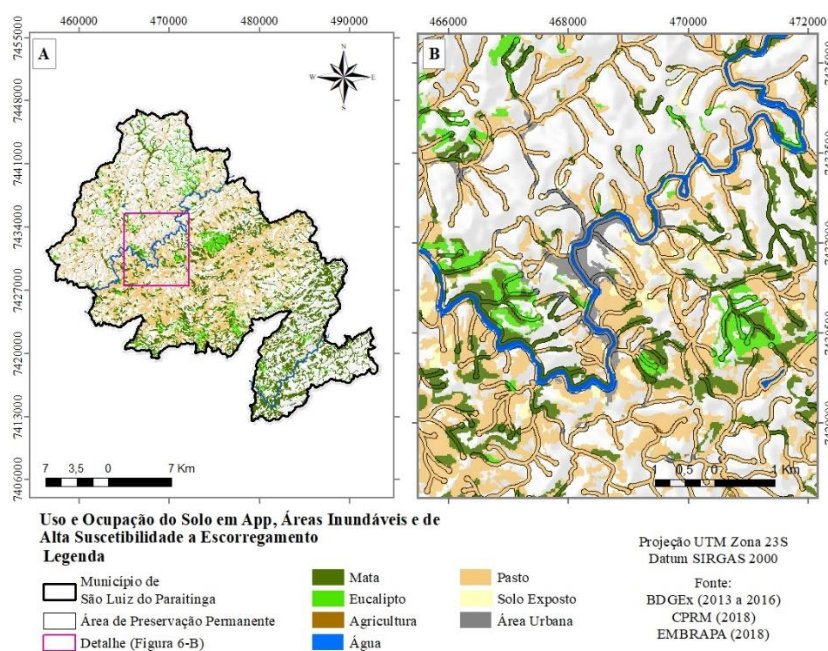


Figura 6. A) Mapa de uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação. B) Detalhe.

Figure 6. A) Land use and occupation in Permanent Preservation Areas and Conservation Units map. B) Detail.

Tabela 3. Uso e ocupação do solo em Áreas inundáveis, Áreas de Preservação Permanente – APP e Zonas de alta suscetibilidade à escorregamento.

Table 3. Land use and occupation in Flooding areas, Permanent Preservation Areas and Landslide high susceptible zones.

Uso e ocupação do solo	Área (km ²)	Áreas inundáveis (%)	APP (%)	Zonas de alta suscetibilidade (%)	APP em Zonas de alta suscetibilidade (%)
Pasto	134,4	11,9	39,9	65,2	14,3
Solo Exposto	3,5	8,6	25	77,1	0,3
Área Urbana	2,3	56,6	43,5	21,7	0,06

A Figura 7-A representa os dados da Tabela 3 em todo o município e indica, de modo inicial, áreas que necessitam de atenção tanto no ponto de vista da restauração florestal, quanto no monitoramento de risco, uma vez que também é representada no mapa a área urbana (Figura 7-B),

isto é, onde se concentra a maior parte da população do município. A proximidade do centro urbano do município com o curso do Rio Paraitinga pode explicar a alta porcentagem de área urbana presente nas zonas de inundação.

Por outro lado, a porção considerável de pasto em APPs presentes em zonas de alta suscetibilidade a escorregamento (última coluna da Tabela 3) se destaca pelo fato de unir um uso que desgasta o solo (pastagem) a áreas que deveriam estar recobertas por vegetação.

A análise espacial dos dados adquiridos, permitiu identificar que aproximadamente 32% das

APPs do município estão localizadas sobre áreas com alta suscetibilidade a escorregamentos. Cerca de 54% desta área é constituída por pastagens, solo exposto e área urbana. Além disso, 8,7% das APPs situam-se em locais de média e alta suscetibilidade à inundação, de acordo com o mapeamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil.

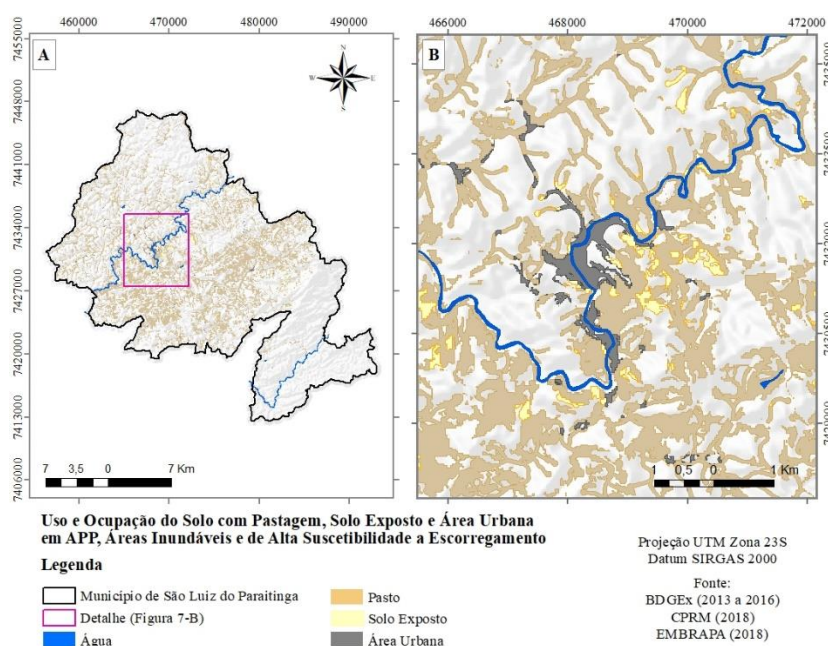


Figura 7. Uso e ocupação do solo em áreas de inundação, APP e zonas de alta suscetibilidade a escorregamento. B) Detalhe.

Figure 7. Land use and occupation in flooding areas, Permanent Preservation Areas and landslide high susceptible ones. B) Detail.

Por fim, a Figura 8 apresenta o mapa com as áreas propícias para a restauração florestal, onde foi considerado apenas o uso e ocupação do solo com pastagens e solo exposto interseccionado às APPs ligadas a zonas inundáveis e de alta suscetibilidade a escorregamentos.

Percebe-se o domínio da classe pasto, que cobre aproximadamente 14,6 km² da área do município, seguido pela classe solo exposto com 0,3 km². Embora a figura mostre uma parcela da área de estudo, a análise do mapa permite visualizar uma concentração de áreas propícias para o reflorestamento na região central do município, devido provavelmente à proximidade com o centro populacional, onde a prática das atividades econômicas é mais intensa.

As atividades de campo proporcionaram um registro fotográfico tanto de áreas que sofreram com a ação erosiva das chuvas como de áreas que estão sendo recuperadas, monitoradas ou sofreram

alguma reforma estrutural (Figura 9). A Figura 9a expõe uma área próxima à entrada da cidade (Bairro Verdeperto), onde se observa uma encosta com processo avançado de erosão devido à baixa resistência do solo e elevada exposição aos agentes físico-químicos de intemperismo.

Feições menores são encontradas por toda a extensão da encosta observada. A Figura 9b apresenta um equipamento localizado nas proximidades do centro da cidade. Ele foi instalado após o desastre de 2010 e monitora o nível da água do Rio Paraitinga. Quando o nível da água do rio atinge um valor pré-estabelecido, é emitido um alerta para a central de monitoramento. A emissão desse alerta é fundamental para que os moradores sejam informados e orientados sobre como proceder em uma elevação mais crítica do nível da água. A Figura 9c mostra uma encosta afetada por um escorregamento de dimensões significativas, o qual

impediu a passagem de veículos pela estrada próxima durante vários dias. Foram realizadas algumas medidas estruturais na área, como a diminuição do ângulo da encosta, execução de “degraus” e cimentação de parte da

encosta, visando amenizar a velocidade da água da chuva à jusante e consequente diminuição do transporte de detritos. A Figura 9d mostra o Rio Paraitinga, em local próximo ao Mercado Municipal da cidade, onde destaca-se a mata ciliar preservada.

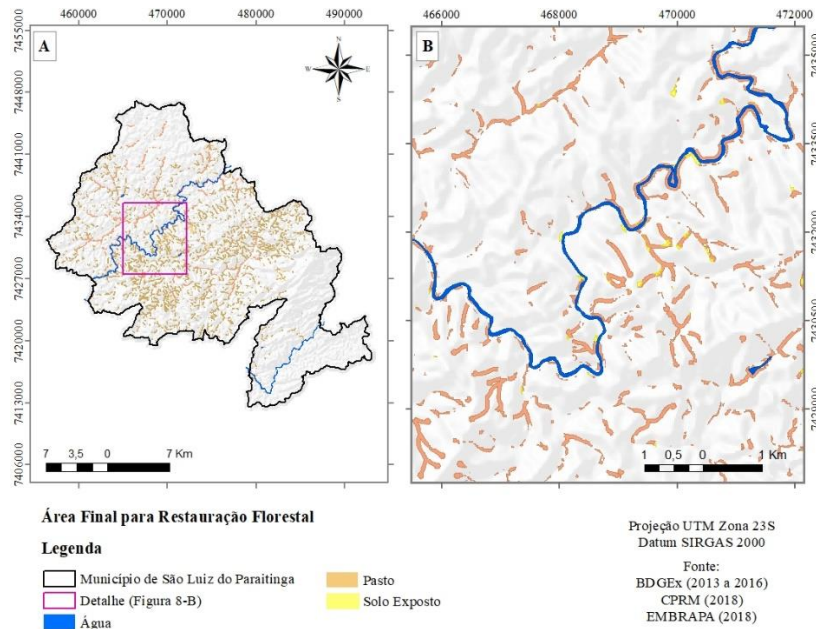


Figura 8. Áreas propícias para reflorestamento em São Luiz do Paraitinga. B) Detalhe.

Figure 8. Favorable areas for reforestation implement in São Luiz do Paraitinga. B) Detail.



Figura 9. Fotografias apresentando algumas características estruturais e ambientais do centro urbano de São Luiz do Paraitinga. Fonte: Registro realizado pelos autores em trabalho de campo.

Figure 9. Photos presenting some structural and environmental features in São Luiz do Paraitinga urban center. Source: Photos made by the authors in fieldwork.

Uma porção considerável da área urbana do município está situada sobre áreas de inundação, o que pode ser comprovado tanto pelos dados coletados quanto pelo histórico de eventos de enchentes e inundações

Nos trabalhos de campo realizados, identificou-se que os bairros Alto do Cruzeiro, Benfica (onde se situa um conjunto habitacional de casas populares) e São Benedito estão localizados em setores bastante vulneráveis em relação ao risco de escorregamentos e inundações. Assim sendo, aumentar a escala de trabalho com foco nestas áreas se torna uma opção relevante para pesquisas futuras, bem como para trabalhos de educação para prevenção de riscos.

A posição geográfica de São Luiz do Paraitinga, muito próxima ao exutório da Bacia Hidrográfica do Rio Paraitinga, implica em grande carga hídrica sobre o município no caso de um evento pluviométrico intenso. Um estudo detalhado desta Bacia permitiria conhecer melhor regionalmente a área de estudo, podendo contribuir para o planejamento de uso e ocupação da área bacia de maneira mais eficiente, aumentando a segurança da população tanto à montante quanto jusante do Rio Paraitinga.

4 CONCLUSÕES

O município de São Luiz do Paraitinga apresenta uma indiscutível fragmentação florestal. As pastagens ocupavam perto de 50% do território municipal no ano de 2015. Existe uma forte correlação entre uso inadequado do solo e suscetibilidade ao escorregamento e inundação. Mais de 30% das APPs possuem alta suscetibilidade a escorregamentos, sendo que mais de 50% desta área é recoberta por pastagens, solo exposto e área urbana. Aproximadamente 87 km² de áreas com alta suscetibilidade a escorregamento estão recobertos por pastagens. Assim correlacionando áreas com uso inadequado do solo com áreas suscetíveis a escorregamentos e inundações, conseguimos localizar trechos, principalmente próximos ao centro urbano, onde a população encontra-se vulnerável, caso estes eventos se tornem mais intensos e frequentes. O estudo identificou que São Luiz do Paraitinga possui 14,9 km² de áreas propícias para restauração florestal, localizadas entre pastagem e solo exposto, com um predomínio na porção central do município, onde se encontra a maior parte da sua população. Os resultados obtidos contribuem para o planejamento ambiental do

município, na medida em que ampliam o banco de informações sobre o tema e podem subsidiar projetos de restauração florestal e preservação ecológica. Tendo em vista que ambientes naturais preservados fornecem maior segurança para a população próxima a áreas vulneráveis, a efetiva restauração das áreas degradadas é essencial para o município de São Luiz do Paraitinga. O planejamento da restauração florestal nas áreas prioritárias deverá contemplar a seleção de espécies arbóreas nativas, preferencialmente com ocorrência da Bacia Hidrográfica do Rio Paraitinga. A realização de trabalhos educativos junto à população em áreas vulneráveis também é uma ação importante para o município, abrangendo aspectos relacionados à conservação ambiental e restauração florestal como estratégias para a redução de riscos de desastres naturais.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, Universidade de São Paulo, 1964. 99 p. (Série Teses e Monografias).

ANDRADE, S.L.; FERREIRA, V.O.; SILVA, M.M. Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 41, p. 1-16, 2014.

ARGUELLO, F.V.P. **Simulação hidrológica da Bacia do Rio Paraitinga para análise das potenciais causas do evento extremo de cheia e desastre ocorrido na passagem de ano de 2009/2010**. 2017. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e Cidades: uma longa e sinuosa história.... 2013. **Revista UFMG**, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2013.

BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010, 384 p.

BITAR, O.Y. (Coord.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000, Nota Técnica Explicativa**. Vários colaboradores. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2014, 42 p. (Livro eletrônico, 5 Mb, PDF). Disponível: <<https://bit.ly/2MeWkey>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, a. CXLIX, n. 102, 28 mai. 2012. Seção I, p. 1-8.

BROLLO, M.J. et al. Desastres Naturais e Riscos em São Luiz do Paraitinga (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 7, 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: ABGE, 2010. p. 1-19.

CAMARINHA, P.I.M. et al. Proposta metodológica para a definição de corredor ecológico com base em modelagem cartográfica – a bacia do rio Paraíba do Sul, porção paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 1989-1996.

_____.; ESCADA, M.I.S.; RENNÓ, C.D. Padrões espaciais dos remanescentes da Mata Atlântica e elementos que compõem a paisagem da Serra Do Mar no Vale Do Paraíba – Microrregião do Paraibuna-Paraitinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 7663-7670.

DIAS, N.W. et al. A enchente de São Luiz do Paraitinga: evidências de sua dimensão obtidas a partir de dados orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 1411-1418.

DÍEZ-HERRERO, A.; LAÍN-HUERTA, L.; LLORENTE-ISIDRO, M. **A Handbook on Flood Hazard Mapping Methodologies**. Madrid: Geological Survey of Spain, 2009, 190 p. (Geological Hazards/Geotechnics series, n. 2).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Uso e Ocupação no Vale do Paraíba do Sul (SP), no ano de 2015. Infraestrutura de dados espaciais da Embrapa, Geoinfo, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2JLR9S6>>. Acesso em: 9 abr. 2019.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE INC. – ESRI. **Software: ArcGIS**. Redlands, California, v.10.3. 2014. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades IBGE: São Luiz do Paraitinga. Censo 2010**. Disponível em: <<https://bit.ly/2DaeHeC>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Manuais Técnicos em Geociências, 2012. n. 1, 271 p.

_____. **Resolução do Presidente R.PR–1/2005, de 25 de fevereiro de 2005**. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. 7 p.

KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

MARCELINO, E.V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: INPE: MCT, 2008. 38 p. (Caderno Didático, n. 1).

MELLO, R.L. **Avaliação da Sustentabilidade Socioambiental na Geração de Energia Hidrelétrica em Centrais Geradoras de Pequeno Porte**. 2017, 146 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Guaratinguetá.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Conferência de Sendai adota novo marco para reduzir riscos de desastres naturais no mundo**. Nações Unidas Brasil, publicado e atualizado em: 19 mar. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2VTdNdM>>. Acesso em: 09 jan. 2019.

PINHEIRO, H.S.K. **Métodos de Mapeamento Digital Aplicados na Predição de Classes e Atributos dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Guapi Macacu, RJ.** 2015, 166 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL - SER. **The SER International Primer on Ecological Restoration.** Science & Policy Working Group, version 2, 2004. 13 p. Disponível em: <https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/ser_primer.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SOARES, P.V. et al. Mapa de Infiltração do Alto e Médio Vale do Paraíba do Sul com Base em Elementos do Meio Físico e na Precipitação. **Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 3, n. 1, p. 26-42, 2008.

SOUZA, C.R.G. Flood Risk Assessment in Coastal Drainage Basins through a Multivariate Analysis within a GIS-Based Model. **Journal of Coastal Research**, v. especial, n. 56, p. 900-904, 2009.

TOMINAGA, L.K. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J. AMARAL, R. (Org.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p.11-23.

ZHOU, Q. Digital elevation model and digital surface model. **The International Encyclopedia of Geography**, p. 1-17, 2017.