

# MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS: CONTRIBUIÇÃO GEOMORFOLÓGICA PARA ESCOLHA DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

<sup>1</sup> Caio Augusto Marques dos Santos

<sup>2</sup> Théó Gonçalves Vicente

<sup>3</sup> Melina Fushimi

**RESUMO:** O conhecimento geomorfológico acerca do comportamento das diferentes formas de relevo frente aos processos e dinâmicas ambientais e aos usos e ocupações da terra contribui para um melhor planejamento e ordenamento do território. O uso de técnicas e softwares de geoprocessamento, aliado com esse conhecimento, tem permitido a elaboração de documentos cartográficos que servem de auxílio e ferramenta para direcionar usos de acordo com as potencialidades e fragilidades do relevo. Sendo assim, este trabalho objetivou a elaboração da carta de fragilidade do relevo do município de Rondonópolis na escala 1:250.000 como contribuição geomorfológica a escolha de áreas para implantação de aterro sanitário. Para tanto, utilizou-se a metodologia de Ross (1994) em que se aponta áreas de fragilidade muito fraca a muito forte indicando valores de 1 a 5 para cada categoria dentro das variáveis, que, nesse caso, foram declividade, uso da terra e da cobertura vegetal e tipos de solos. E o uso do geoprocessamento, através do software ArcGIS® em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitiu o cruzamento das variáveis. Os resultados apontaram 38% da área municipal com fragilidades muito baixa e baixa, o que indica possibilidades de implantação de um aterro sanitário. Assim, a carta de fragilidade ambiental demonstrou ser uma boa ferramenta de auxílio como contribuição da Geomorfologia. Contudo, não representa um documento definitivo, mas, sim, um instrumento capaz de auxiliar direcionando áreas para serem analisadas mais profundamente.

**Palavras-chave:** Rondonópolis; Fragilidade Ambiental; Aterro Sanitário.

## ENVIRONMENTAL FRAGILITY MAP OF RONDONÓPOLIS CITY: GEOMORPHOLOGICAL CONTRIBUTION TO AREAS OF CHOICE FOR LANDFILL DEPLOYMENT

**ABSTRACT:** The geomorphological knowledge about the behavior of different forms of relief front of environmental processes and dynamics and the uses and land occupations contribute to a better planning of the territory. The use of techniques and geoprocessing software, ally with that knowledge, has allowed the development of cartographic documents that serve as assistance and tool to direct uses according to the strengths and weaknesses of relief. Thus, this study aimed to the elaboration of the environmental fragility map of Rondonópolis city in 1: 250,000 scale as geomorphological contribution for choosing areas for the implementation of a landfill. For this purpose, we used the Ross (1994), that indicates very low to very strong fragility areas indicating values from 1 to 5 for each category within the variable, which in this case were slope, land use and vegetation cover and soil types. And the use of geoprocessing through ArcGIS® software in Geographic Information System (GIS), allowed the crossing of variables. The results show 38% of the municipal area with very low and low fragility, indicating deployment possibilities of a landfill. Thus, the environmental fragility map has proven to be a good support tool as the geomorphology contribution. However, there isn't a definitive document, but rather a tool to assist targeting areas to be analyzed further.

**Key-words:** Rondonópolis city; Environmental Fragility; Landfill.

<sup>1</sup> Professor Adjunto A do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis – kiomarques@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis - sigpro.geo@gmail.com

<sup>3</sup> Doutora em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP – campus de Presidente Prudente melinafushimi@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais relacionados a forma como os resíduos sólidos urbanos são dispostos tem se agravado na medida em que se aumenta o consumo de produtos e mercadorias, e os impactos negativos decorrentes vão desde poluição e contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas, até propagação de vetores causadores de doenças.

Esses problemas possuem vínculo com o fato de 41,6% (29.659.170 t/ano) dos resíduos produzidos ainda serem dispostos de forma inadequada em lixões e aterros controlados (PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, 2014).

Uma das formas mais viáveis, e que atende as necessidades de proteção e conservação do ambiente, é o aterro sanitário. Nele, a disposição dos resíduos visa proteger o ambiente e a saúde pública, além de favorecer a segurança e o bem-estar da população. Para tanto, são aplicadas técnicas de engenharia e normas operacionais específicas para confinar os resíduos na menor área possível e reduzir ao mínimo o seu volume, cobrindo-os com uma camada de terra ou material inerte, quantas vezes forem necessárias. Os aterros sanitários contem, ainda, sistemas de impermeabilização da base e laterais, sistemas de drenagem do chorume, tratamento, remoção segura e queima dos gases produzidos (FEAM, 2002).

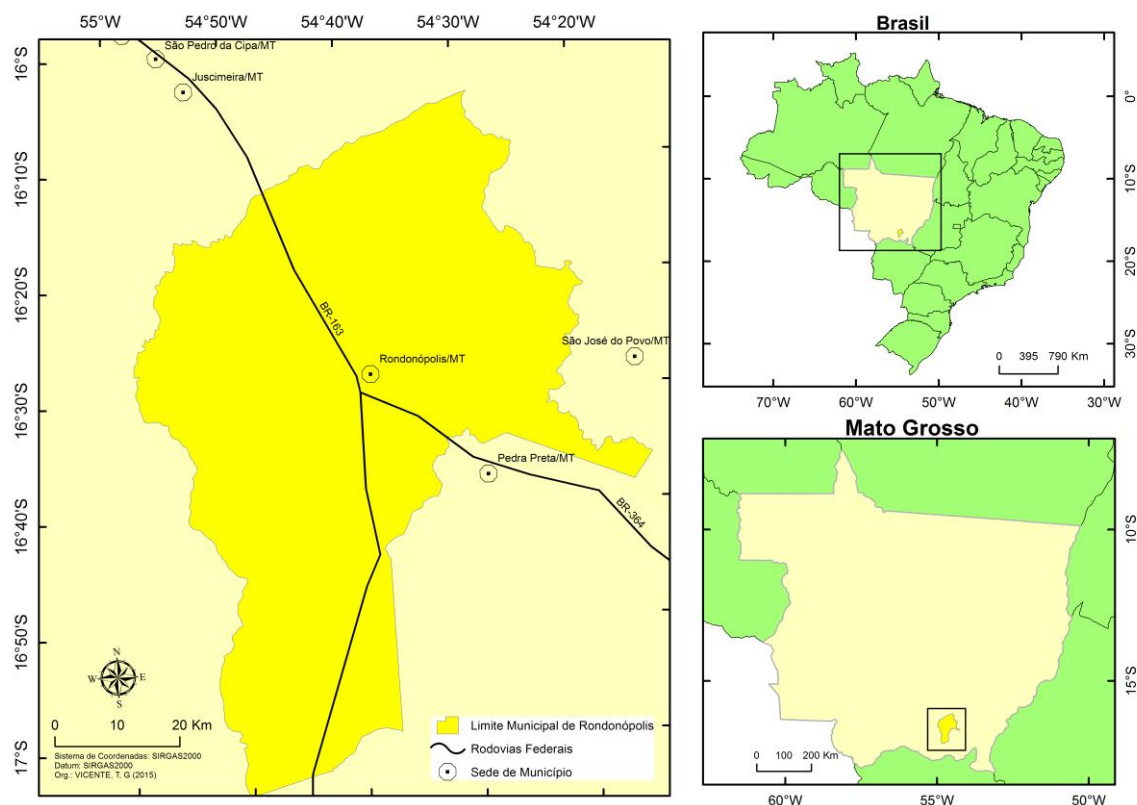
Um dos desafios atualmente é a busca de usos dos recursos naturais que comprometam o mínimo possível sua qualidade, ou seja, que considerem sua conservação e disponibilidade para futuras gerações. Nas cidades esse desafio torna-se especialmente mais acentuado na medida em que elas representam, materialmente, os níveis mais elevados de intervenção antrópica na natureza.

O que embasa esse debate em torno de usos mais adequados são o tempo e ritmo da relação sociedade e natureza. Os tempos e ritmos das ações sociais, que fazem uso dos elementos naturais, transformando-os em recursos, por vezes, são mais rápidos que os tempos e ritmos de recuperação da natureza. Sabendo da não aniquilação total das matérias e energias em todas as atividades dos seres vivos, elevação no consumo de recursos naturais significa aumento da produção de resíduos e rejeitos, muitas vezes indesejáveis a quem os eliminou. Esses, quando não reutilizados para outros fins, seja pela própria sociedade, ou pelas dinâmicas naturais, através, principalmente, dos ciclos biogeoquímicos, devem ser dispostos de maneira adequada, sob o risco, em caso contrário, de provocar poluição e contaminação ambiental.

Nas últimas décadas, a temática dos resíduos sólidos urbanos tem gerado discussões, principalmente no âmbito das administrações públicas municipais, no que se refere à destinação final adequada.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 2000, o lixo produzido diariamente no Brasil chegava a 125.281 toneladas, sendo que 47,1% eram destinados em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados e 30,5% em lixões.

Os números demonstram que quase 50% de todo o lixo coletado no Brasil estaria tendo um destino final adequado, em aterros sanitários. Porém, quando se compara com a mesma pesquisa em 1989, este número torna-se expressivo diante de 76% de lixões. Embora esses dados sejam relevantemente significativos, quando se expressa em termos do número de municípios, o resultado não é tão favorável: 63,6% dos municípios ainda utilizam lixões, como é o caso de Rondonópolis-MT (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de localização do município de Rondonópolis-MT.

Dentre as dificuldades de se implantar um sistema de destinação de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário, uma se verifica na opção adotada pelo poder público local em se utilizar áreas de menor valor econômico, porém, nem sempre adequada do ponto de vista geotécnico e ambiental.

Sendo assim, diante do cenário posto, a ciência geográfica tem muito a contribuir no processo de escolha de áreas para implementação de um aterro sanitário, desde o levantamento de impactos socioeconômicos positivos e negativos, até avaliações de aptidão geotécnicas específicas. Nunes (2002) destaca, entre os aspectos geotécnicos, os conhecimentos geomorfológicos, geológicos (morfoestruturais e hidrogeológicos), pedológicos e climáticos.

Tendo em vista o exposto, o presente trabalho tem como objetivo, através da elaboração do mapa de fragilidade ambiental do município de Rondonópolis, aplicando a metodologia de Ross (1990; 1994), apresentar áreas mais propícias, do ponto de vista geomorfológico, à instalação de um aterro sanitário, de modo a contribuir para um direcionamento de futuras análises e pesquisas mais aprofundadas e multidisciplinares de um local específico.

### **Fragilidade ambiental**

A análise da fragilidade ambiental e sua síntese num documento cartográfico é um instrumento importante de auxílio e subsídio ao planejamento ambiental centrado na ideia de desenvolvimento sustentado, que, segundo Ross (1994), está lado a lado com o desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

A metodologia para diagnosticar a fragilidade de um ambiente está calcada em Tricart (1977), onde o autor utiliza os conceitos de Unidades Ecodinâmicas para classificar os ambientes em estáveis, quando estão em equilíbrio, instáveis quando em desequilíbrio e intergrades, isto é, passagem gradual dos meios estáveis para os instáveis (condição de transição).

O conceito de Unidades Ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistemas. Baseia-se no instrumento lógico do sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. [...] A gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema, ou determinar quais as medidas que devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada sem degradação (TRICART, 1977, p.32).

Trombeta *et. al.* (2014), ao citar Tricart (1977), afirma que o autor propõe uma forma de análise que aborda diversos elementos do ecossistema, sendo de suma importância conhecer o seu funcionamento. E, posteriormente, como se dá o comportamento desses elementos quando expostos à pressão antrópica exercida no ambiente.

Nesse sentido, a escolha de uma área para implantação de um aterro sanitário deve levar em conta a dinâmica integrada dos vários elementos naturais do ambiente da área escolhida para receber tal empreendimento, de modo que se conheçam melhor suas potencialidades e fragilidades frente à intervenção e instalação do aterro sanitário, visando o mínimo de impactos negativos que possam afetar direta e indiretamente a condição de vida da população.

Indo ao encontro da assertiva anterior, Ross (1994, p.65) afirma que “as potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos de solos, relevo, rochas e minerais, águas, clima, fauna e flora”, enfim, de todos os componentes naturais do ambiente, mas ressalta a importância no diagnóstico da fragilidade, de que esses “conhecimentos setorializados sejam avaliados de forma integrada, centrada no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas”.

Desse modo, Ross (1990, p.48), aponta as seguintes características das Unidades Estáveis: 1. Cobertura vegetal densa, capaz de por freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese; 2. Dissecação moderada do relevo, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamento vigoroso dos rios e vertente de lenta evolução; 3. Ausência de manifestações vulcânicas e abalos sísmicos que possam desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspecto mais ou menos catastrófico. Diante desses aspectos apontados, prevalecem os processos pedogenéticos em detrimento dos processos morfogenéticos.

Já as Unidades Instáveis apresentam: 1. Condições bioclimáticas agressivas, com ocorrência de variações fortes e irregulares de chuva, ventos, geleiras; 2. Relevo com vigorosa dissecação, apresentando declives fortes e extensos; 3. Presença de solos rasos ou constituídos por partículas com baixo grau de coesão; 4. Inexistência de cobertura vegetal florestal densa; 5. Planícies e fundos de vales sujeitos a inundações; 6. Geodinâmica interna intensa (sísmico e vulcanismo).

Com o intuito de aplicar estes conhecimentos ao Planejamento Ambiental, Ross (1994) ampliou sua abordagem estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, desde instabilidade muito fraca a muito forte.

Aplicou o mesmo para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível face as suas características naturais e a sempre possível inserção antrópica. Deste modo as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, apresentam-se como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial em diferentes graus, tais como as de Instabilidade Emergente, ou seja, de Muito Fraca a Muito Forte (ROSS, 1994, p.66).

No presente trabalho não se separou as Unidades Ecodinâmicas Instáveis (ou de Instabilidade Emergente) das Unidades Ecodinâmicas Estáveis (ou de Instabilidade Potencial), baseado na forte ação antrópica presente na maior parte da área municipal.

Utilizou-se as variáveis declividade, uso da terra e da cobertura vegetal e tipos de solos, as quais, para cada categoria dentro da variável, atribuiu-se valores de 1 a 5 (fragilidade muito fraca a muito forte), conforme Ross (1994). No entanto, em categorias que não são abordadas pelo autor, atribuiu-se valores diante de suas características frente às ações antrópicas.

Para a variável declividade, Ross (1994) arranja as categorias da seguinte forma: muito fraca até 6%; fraca de 6 a 12%; média de 12 a 20%; forte de 20 a 30%; muito forte acima de 30%.

Na variável tipo de solo, considerando suas erodibilidades frente o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, as classes de fragilidade ficam assim dispostas: muito baixa – Latossolo Roxo, Vermelho Escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa; baixa – Latossolo Amarelo e Vermelho/Amarelo textura média/argilosa; média – Latossolo Vermelho/Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho/Amarelo textura média/argilosa; forte – Podzólico Vermelho/Amarelo textura média/arenosa; muito forte – Cambissolos podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias quartzosas. Destaca-se o fato de algumas classes de solos terem sido alteradas na classificação da Embrapa (2013): Terra Roxa e Terra Bruna enquadram-se nos Argissolos ou Nitossolos, conforme especificidades; os Podzólicos foram encaixados em várias outras classes, também conforme especificidades; Areias Quartzosas passaram se denominar Neossolos Quartzarênicos e Solos Litólicos passaram para Neossolos.

Por fim, a variável uso da terra e cobertura vegetal, os valores às categorias são atribuídos conforme o grau de proteção que oferecem, ou seja, quanto maior o grau de proteção ao solo, menor o grau de fragilidade. Assim, Ross (1994) aponta os seguintes graus de proteção: muito alta – florestas/matias naturais/florestas cultivadas com biodiversidade; alta – formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso/formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa)/ mata homogênea de pinus densa/pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado/ cultivo de ciclo longo como o cacau; média – cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas/ pastagens com baixo pisoteio/silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas; baixa – culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta-do-reino, laranja com solo

exposto entre ruas)/culturas de ciclo curto (arroz, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento); muito baixa a nula – áreas desmatadas e queimadas remanescentes/solo exposto por arado/gradeação/ solo exposto ao longo de caminhos e estradas/terraplanagens/culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

### **Elaboração do mapa de fragilidade ambiental**

O mapa de fragilidade do município de Rondonópolis foi elaborado em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sendo o resultado da combinação e cruzamento dos três mapas temáticos: declividades, tipos de solos e uso da terra e cobertura vegetal.

Todos os mapas foram realizados no *software* ArcGIS®, utilizando-se como recorte de estudo o limite político administrativo do município na escala 1:250.000 disponível no *website* do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e datum SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

O mapa de declividades foi feito a partir do modelo digital de elevação (MDE) gerado pelo radar interferométrico do projeto TOPODATA (cena 17S555ZN) com resolução espacial de 30 metros. Os valores das classes seguem a metodologia de Ross (1994) descrito anteriormente.

No mapa dos tipos de solos foi utilizado vetor digital em formato *shapefile* (shp) com informações sobre os tipos de solos em escala 1:250.000, disponibilizado pela Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso (SEPLAN, 2012). Para gerar o mapa, realizou-se o processamento em ambiente SIG, onde as cores puderam ser diferenciadas conforme os diferentes tipos de solos e, em seguida, adicionar o vetor referente a área do município.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi elaborado utilizando-se dados matriciais com imagens ETM do satélite Landsat 8 (cenas LO82250712015228CUB00, LO82250722015228CUB00), disponibilizado no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com resolução espacial de 30 metros e reamostrado para 15 metros, composição colorida RGB, bandas 654 das cenas 225/71 e 225/72 e do período de estiagem do ano de 2015.

A elaboração teve as seguintes etapas: realização de um mosaico com as cenas citadas em ambiente SIG e em composição colorida (RGB) produzida com as bandas 654; a imagem foi reprojeta para o sistema de coordenadas planas UTM (Universal Transversa de Mercator), zona 21 Sul e datum SIRGAS2000; procedeu-se a classificação supervisionada da

imagem usando uma legenda com as diferentes classes identificadas; por fim, a validação do resultado da classificação foi realizada com 3 pontos de controle de campo com amostras para classes de uso do terra. Os pontos referentes a água, cultura temporária, pastagem e área urbana foram obtidos com o auxílio do *Google Earth*®, enquanto que os pontos referentes aos estratos das formações vegetais foram obtidos por trabalhos de campo, com registro de imagens fotográficas e das coordenadas geográficas do local.

Em relação ao mapa de fragilidade, a princípio, foi feita a conversão do mapa dos tipos dos solos para a representação geométrica matricial (raster) por meio da ferramenta “*Feature to Raster*” para viabilizar as correlações no ArcGIS®.

Em seguida, com o uso da função “*Reclassify*”, foram atribuídos valores de 1 a 5 para as classes dos mapas temáticos, de acordo com o nível de fragilidade que cada um representa. Posteriormente, os mapas e seus pesos foram combinados por intermédio da opção “*Raster Calculator*”.

Por fim, com a finalidade de refinar a espacialização das classes de fragilidade, utilizou-se a ferramenta “*Majority Filter*”.

Os cursos d’água foram extraídos de modelos digitais de elevação, pelos quais se extraíram a rede de drenagem utilizando imagens TOPODATA - cena 17S555ZN, com auxílio de software SIG. As vias de acesso foram conseguidas no banco de dados geográficos do ministério do meio ambiente (MMA). Ambos na escala foram extraídos na escala 1:250.000.

Os cálculos das áreas ocupadas referentes às classes dos mapas temáticos correram a partir da opção “*Field Calculator*” no ArcGIS® e as porcentagens foram obtidas no Excel 2013®. Diante dos valores inferiores a 1%, optou-se pela representação em números decimais.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A escolha de uma área para construção e instalação de um aterro sanitário envolve inúmeros fatores que devem ser reconhecidos e analisados detalhadamente. De acordo com Nunes (2002) ao citar Jardim *et al.* (1995), esses fatores compreendem informações geomorfológicas, tais como: formas e dinâmica do relevo, compartimentação geomorfológica e declividade do terreno.

Além das características relacionadas diretamente ao relevo, há as informações acerca das formações litológicas (variações granulométricas e texturais faciológicas),

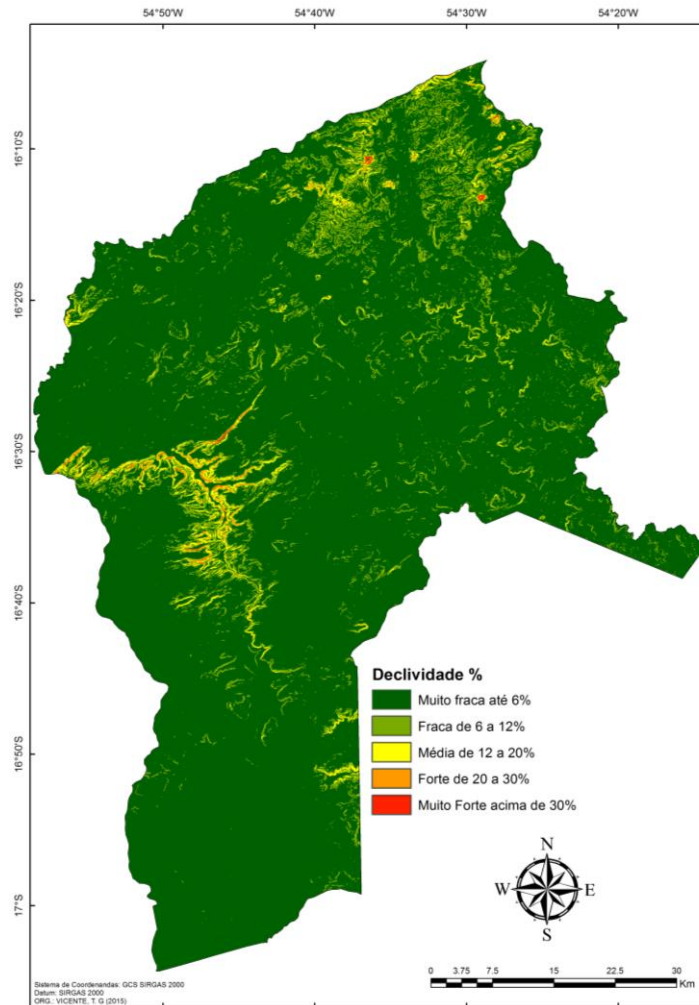


pedológicas (características texturais e morfológicas), hidrogeológicas (dinâmicas das águas superficiais e subterrâneas), climáticos, cobertura vegetal, bem como os fatores sociais que devem ser levados em conta (distância da malha urbana, quantidade de resíduo gerado, legislações, doenças, etc.).

A declividade tem importância através de dois fatores principais. O primeiro vincula-se com o direcionamento de técnica construtiva do aterro conforme a inclinação do terreno, que pode ser: trincheira (áreas de topografia plana e suave); rampa (declividades pouco acentuadas, que apresentam disponibilidade de material de cobertura) e a técnica da área (áreas baixas de topografia regular, onde o aquífero freático está próximo da superfície) (NUNES, 2002). O segundo fator refere-se a velocidade de escoamento das águas superficiais, o que pode trazer prejuízos ao aterro, como carreamento dos resíduos e erosões, que desestabilizam estruturalmente a obra.

De acordo com a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (1997), no que se refere à inclinação do terreno, recomenda 10% como declividade máxima. Sendo assim, ao observar o mapa de declividades (Figura 2) e o quadro 1, percebe-se uma grande disponibilidade de área para se implantar um aterro sanitário, aproximadamente 98% da área do município.

Contudo, vale destacar que se deve respeitar, segundo a mesma agência ambiental, distância de 200 metros de corpos d'água, 500 metros de residências isoladas e 2.000 metros de áreas urbanizadas. Também há recomendações para que se mantenha distância da rede viária. Desse modo, restringe-se a quantidade de área viável para escolha de área.



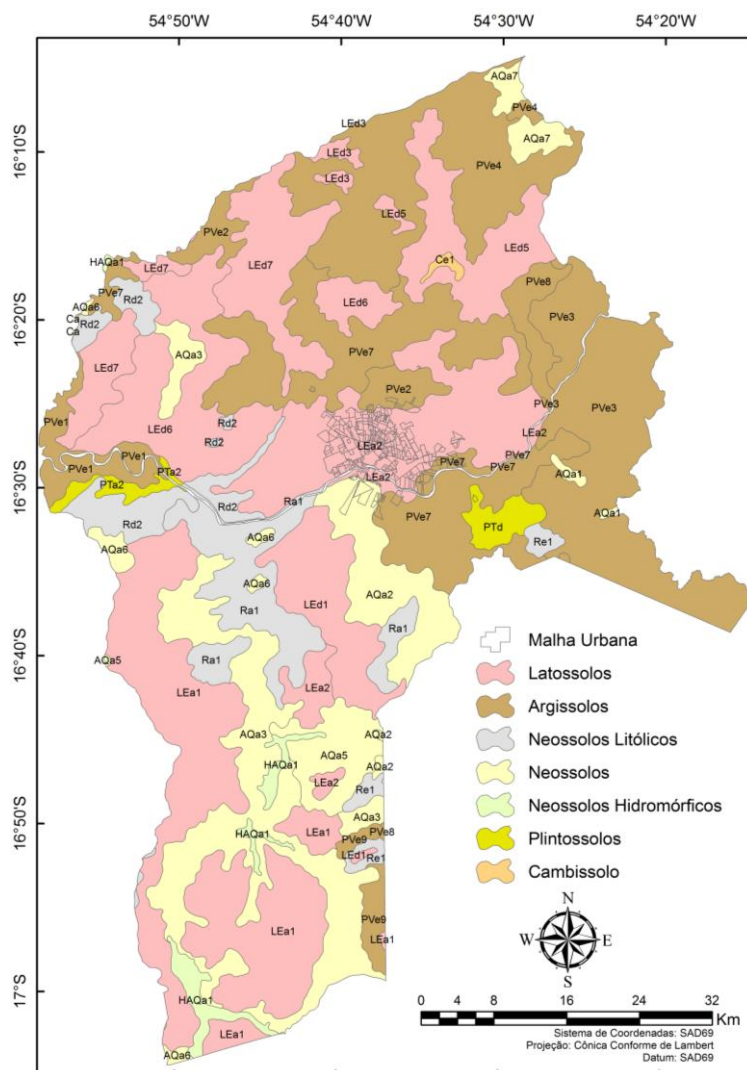
**Figura 2.** Mapa de declividades do município de Rondonópolis-MT.

**Quadro 1.** Classes de declividades com os graus de fragilidade e porcentagem de área ocupada identificadas no município de Rondonópolis-MT,

<b>Classes</b>	<b>Grau de fragilidade</b>	<b>Área (%)</b>
Muito fraca até 6%	1	89.22
Fraca de 6 a 12%	2	8.77
Média de 12 a 20%	3	1.60
Forte de 20 a 30%	4	0.34
Muito forte acima de 30%	5	0.06

Acerca das classes de solos identificadas no município (Figura 3), e fundamentado pela metodologia empregada, a qual se atribui a fragilidade frente a erodibilidade pelos escoamento superficial difuso e concentrado, os valores dados a cada classe e sua área ocupada (quadro 2) apontam as áreas de Latossolos com uma maior propensão para implantação de um aterro sanitário. Um fator que torna ainda mais viável as

áreas de Latossolos é a maior possibilidade de encontrar essa classe de solo em áreas de baixa declividade.



**Figura 3.** Mapa das classes de solos do município de Rondonópolis-MT (SEPLAN, 2012).

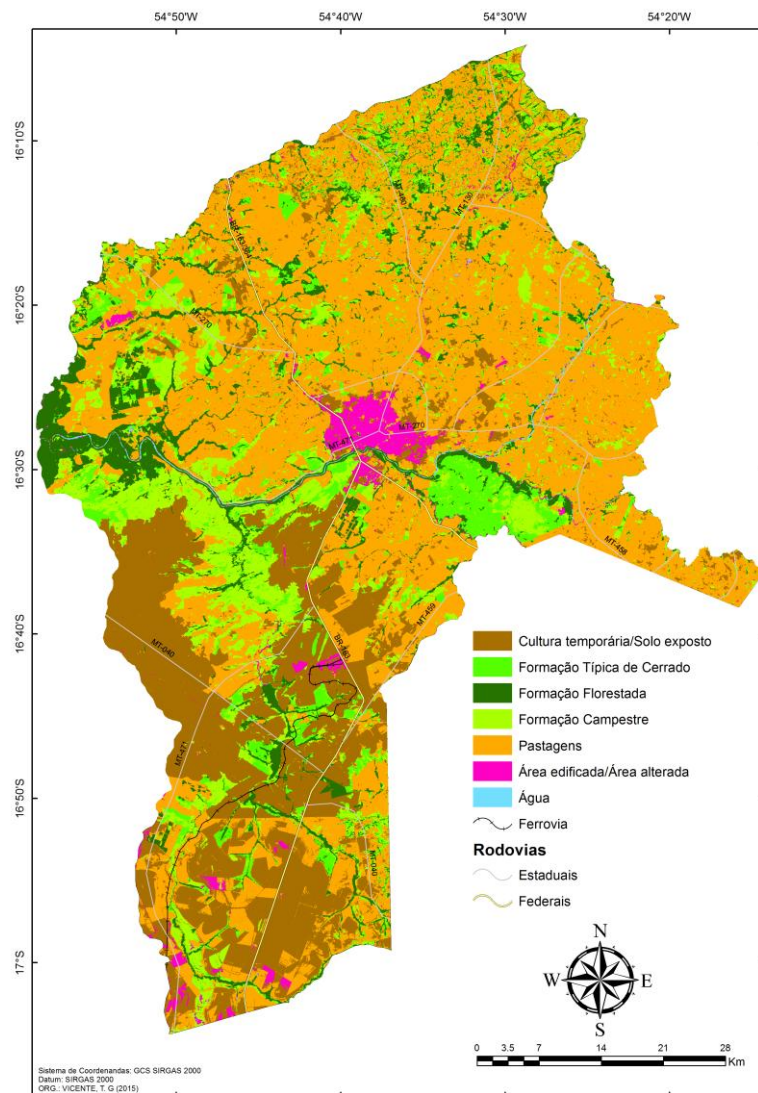
**Quadro 2.** Classes de solos com graus de fragilidade e porcentagem de área ocupada identificados no município de Rondonópolis-MT.

Classes	Valores	Área (%)
Latossolos	1	40.92
Argissolos	3	32.49
Neossolos litólicos	5	7.83
Neossolos quartzarênicos	3	16.02
Neossolos hidromórficos	5	1.23
Plintossolos	3	1.35
Cambissolos	4	0.16

Percebe-se, assim, ao cruzar somente os dados de declividade e classes de solos, que o município apresenta grande extensão de área com possibilidade de escolha.

Os diferentes usos e ocupações da terra condicionam o escoamento superficial da água, podendo interferir tanto no seu aumento e diminuição, quanto na mudança de concentrado para difuso. Dessa forma, de acordo com a metodologia, os usos e ocupações e seus graus de fragilidade relacionam-se com o grau de proteção que oferecem aos processos erosivos.

Pode-se ver no mapa de uso e ocupação da terra do município (Figura 4) e no quadro 3, como está a espacialização dos diferentes usos e ocupações da terra, os graus de fragilidade atribuídos e porcentagem de área ocupada.



**Figura 4.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Rondonópolis.

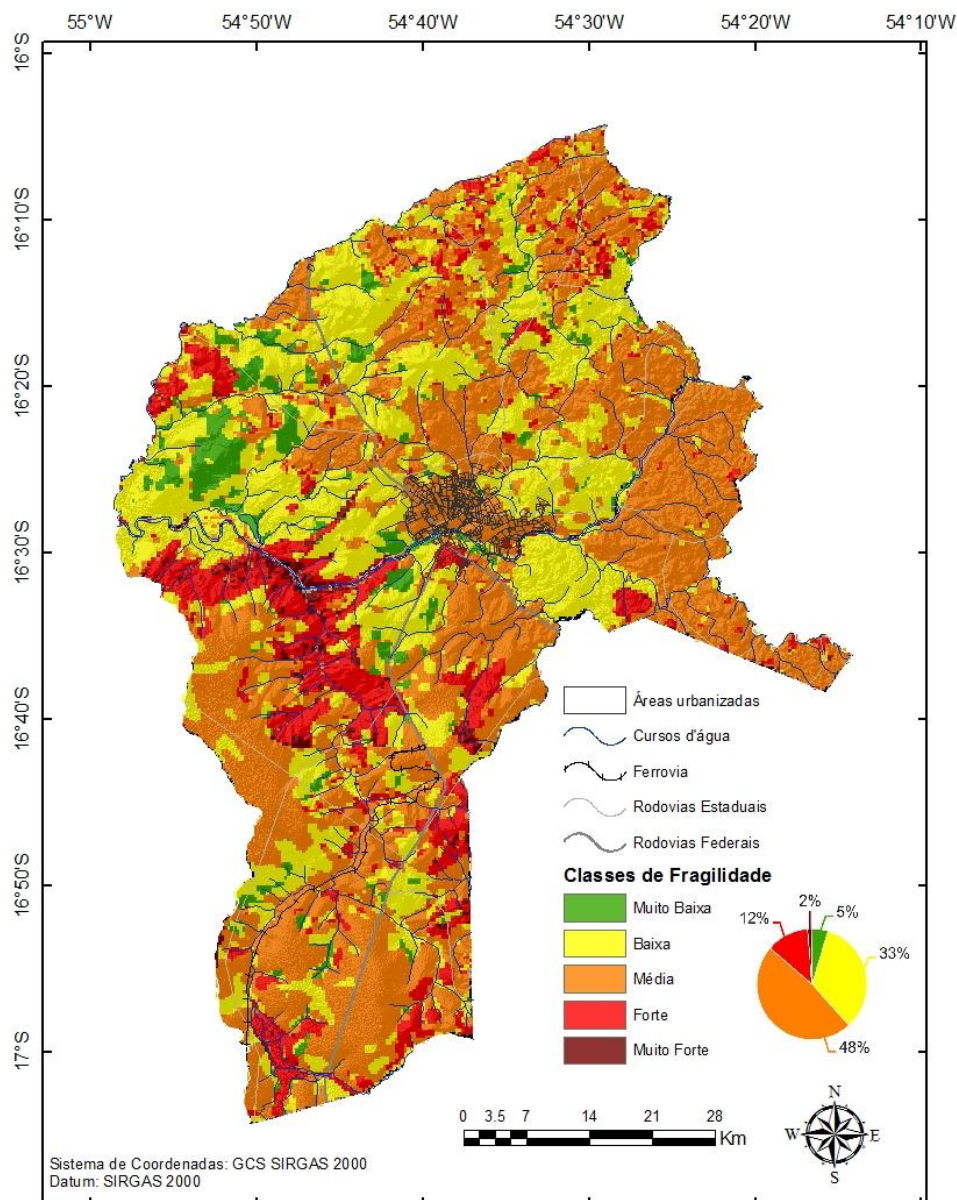
**Quadro 3.** Usos da terra e cobertura vegetal com os graus de fragilidade e porcentagem de área ocupada identificados no município de Rondonópolis-MT.

<b>Classes</b>	<b>Valores</b>	<b>%</b>
Cultura temporária / solo exposto	4	17.00
Formação típica cerrado	2	7.73
Formação florestada	1	7.99
Formação campestre	2	14.96
Pastagens	4	49.09
Área edificada / área alterada	5	3.00
Água	5	0.22

Ao analisar essa última variável, percebe-se que aproximadamente 70% da área do município apresenta graus de fragilidade alto, variando entre 4 e 5. Por outro lado, as áreas com menores graus de fragilidade, correspondente às formações florestadas, não são indicadas para implantação de aterro, pois, no caso de Rondonópolis, referem-se às matas ciliares, o que restringe as opções de escolha de área.

Todavia, destaca-se o fato da metodologia vincular os graus de fragilidade, sobretudo, a processos erosivos, porém, pode-se levar em consideração, como possibilidade de opções, as áreas de cultura temporária e solo exposto e pastagens, desde que estejam em baixas declividades e com solo propício.

Após análise individual das variáveis declividades, classes de solos e usos e ocupações da terra, apresenta-se o mapa de fragilidade ambiental do município (Figura 5), que representa, graficamente, as combinações dos valores das três variáveis. Através dele é possível observar que 38% da área do município apresenta fragilidade baixa ou muito baixa, e 62% apresenta fragilidade média, forte ou muito forte. Portanto, uma área considerável representa possibilidades de escolha e de aprofundamento de análises para implantação de um aterro sanitário.



**Figura 5.** Mapa de fragilidade ambiental do município de Rondonópolis-MT.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O temário da conservação ambiental apresenta-se como um dos principais pontos de pauta no cenário mundial, sobretudo em relação a uma destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos. Sendo assim, os aterros sanitários representam a maneira mais acertada de destinar e acomodar esses materiais.

Contudo, a escolha de áreas para implantação e instalação dessas obras de engenharia, bem como sua construção, envolve aplicação de conhecimentos multidisciplinares e, portanto, não é tarefa simples.

A ciência geomorfológica contribui no processo de escolha e estudo de viabilidade de implementação com seu conhecimento acerca das características e comportamento do relevo terrestre. Além disso, como aliado, o geoprocessamento tem contribuído, significativamente, com as análises de áreas ao permitir o cruzamento de variáveis e gerar produtos que facilitem a identificação, condução e aprofundamento dos estudos.

A partir dessa ciência, e da aplicação metodológica de Ross (1994), foi possível apontar, por meio do mapa de fragilidade ambiental do município de Rondonópolis, 38% de área com fragilidade muito baixa a baixa, o que representa um resultado satisfatório no sentido de se iniciar a busca por áreas para instalar um aterro sanitário.

Vale destacar que o mapa não se trata de um documento final, pelo contrário, refere-se a um passo inicial em direção a estudos mais aprofundados e conjuntos com outras áreas do conhecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2014, 118f. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aterro sanitário.** São Paulo: CETESB, 1997. 40p. (Apostilas Ambientais).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Como destinar os resíduos sólidos urbanos.** Belo Horizonte: Feam, 2002. 45p.

INPE – **TOPODATA-** Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000.** Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: jun. 2016.

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente-SP.** 2002. 209 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia,** São Paulo, n.8, p.63-74, 1994.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 1990.

SEPLAN, 2012. **Diagnóstico Ecológico Econômico de Mato Grosso.** Disponível em <<http://geoportal.seplan.mt.gov.br:8080/dsee/>>

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TROMBETA, L.R.; GARCIA, R.M.; NUNES, R.S.; MOROZ, I.C.C.G.; LEAL, A.C.; GOUVEIA, J.M.C. Análise da Fragilidade Potencial e Emergente do Relevo da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. In: **Caderno Prudentino de Geografia,** Presidente Prudente, n.36, volume especial, p. 159-173, 2014.