



## **Seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário em Porto Velho/RO utilizando geoprocessamento**

**Marcelo Carvalho Tavares<sup>1</sup>, Elvis Carissimi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Rondônia – UNIR/Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM  
(msecundario@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (elvis.carissimi@pq.cnpq.br)

### **Resumo**

Muitos municípios brasileiros descartam seus resíduos de forma inadequada, causando sérios impactos ambientais. Porto Velho, capital do estado de Rondônia (Brasil), não é diferente, e vem sendo pressionado para a seleção de um local apropriado para a construção de um aterro sanitário. Dessa forma, o escopo deste trabalho consistiu na identificação de áreas aptas à instalação de um aterro em Porto Velho/RO. O estudo foi desenvolvido através da análise de informações espaciais e técnicas de geoprocessamento. Os resultados mostraram que Porto Velho possui grande extensão territorial, mas pouca área passível de utilização para um aterro. Foram selecionados 8 polígonos, com áreas de 318 ha a 3.199 ha, considerando critérios técnicos legais e ambientais. Tais áreas ainda dependem de uma avaliação *in loco* dos impactos ambientais, e de estudos dos aspectos econômicos e financeiros.

Palavras-chave: Aterro Sanitário. Seleção de Áreas. Geoprocessamento.

Área Temática: Resíduos sólidos.

### **Abstract**

*Many cities dispose their waste in an inappropriate way, causing serious environmental impacts. Porto Velho, capital of Rondônia state (Brazil), is no different, and is under pressure for the selection of an appropriated place for the construction of a sanitary landfill. Thus, the goal of this work consisted on the identification of suitable areas for the installation of a landfill in Porto Velho/RO. The study was developed through analysis of spatial information and geoprocessing techniques. Results showed that Porto Velho has a large territory, but a small area that could be used as a sanitary landfill. It was selected 8 polygons with areas of 318 ha to 3,199 ha, considering environmental and legal technical criteria. These areas still depend of an in loco environmental impact assessment, and economical and financial aspects evaluation.*

*Key words: Sanitary landfill. Area selection. Geoprocessing.*

*Theme Area: Solid waste.*



## 1 Introdução

Um dos maiores problemas para o meio ambiente e a sociedade são os resíduos sólidos gerados. A quantidade de resíduos sólidos gerados tem aumentado muito devido ao crescimento populacional. Aliado a esse crescimento acontece o aumento do consumo e a redução de espaço físico, agravando os problemas de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993; BOVEA et al., 2010).

O Estado de Rondônia está em processo de desenvolvimento acelerado e, urbanização intensa, principalmente devido à construção das usinas de Santo Antônio e Jirau. Ao mesmo tempo os municípios do Estado de Rondônia não dispõem de áreas planejadas para a disposição dos resíduos sólidos. Estes resíduos, atualmente, são colocados em contato direto com o solo, em locais denominados “lixões” ou “lixeiros públicas”, e, no caso de Porto Velho, praticamente às margens do Rio Madeira (manancial de abastecimento de água da cidade). Esta forma inadequada de disposição final acarreta problemas à saúde pública, a proliferação de vetores de doenças, a geração de odores, e, sobretudo, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

A Prefeitura de Porto Velho/RO, desde 2005 recebe pressão do Ministério Público Estadual para mudar o local de disposição de seus resíduos. Em contrapartida, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010 e Decreto 7.404/2010) estabeleceu diversos instrumentos econômicos e condições de acesso aos recursos dos poderes públicos, para que estes consigam efetivar ações saneantes, como por exemplo, a construção de um aterro sanitário adequado.

Segundo Weber e Hasenack (2004), além de se utilizar um processo adequado para disposição dos resíduos sólidos, também é necessário selecionar o local apropriado para essa finalidade. A localização deste tipo de empreendimento deverá atender a critérios técnicos, ambientais e restrições legais. Existem técnicas de seleção de locais para a implantação de um aterro sanitário, sendo que as mais utilizadas são as ferramentas de geoprocessamento na etapa inicial de seleção das prováveis áreas. Entretanto, há a necessidade de obter todos os dados referentes à área de atuação para poder confrontá-los, como por exemplo: mapa dos solos, mapa de declividade, localização de estradas entre outros. Após a seleção de determinadas áreas deve ocorrer à visita *in loco* para verificação da qualidade ambiental do local selecionado.

A implantação de um aterro sanitário, por si só, não resolve o grande problema que os municípios enfrentam quanto à gestão e destinação de todo o resíduo sólido gerado pelas residências, pelas atividades industriais, comerciais e de serviços. A geração de lixo e a poluição são problemas que podem ser minimizados com a utilização de reciclagem, reutilização, reaproveitamento e, ainda, com o auxílio de campanhas educacionais. Entretanto, para a crítica situação vivenciada no Estado de Rondônia (e comum em outras regiões do Brasil), torna-se imprescindível, no mínimo, a seleção de um local adequado para a disposição dos resíduos urbanos.

Dessa forma, o escopo deste trabalho, consistiu na seleção de áreas potenciais para implantação de um aterro sanitário em Porto Velho/RO, com a utilização de técnicas de geoprocessamento.

## 2 Materiais e métodos

A área de estudo esta localizada entre as latitudes 8°0' e 9°24' Sul e as longitudes 64°32' e 62°49' Oeste, totalizando uma área de 29.352.742 km<sup>2</sup>. Estão inseridos nesta área os seguintes municípios do estado de Rondônia: Porto Velho, Candeias do Jamari e Itapoã do Oeste, e os municípios do estado do Amazonas: Lábrea, Canutama e Humaíta. A determinação da área em questão deve-se pelo estreitamento entre os limites municipais e



estaduais na região da mancha urbana do município de Porto Velho. A base de dados utilizada foi oriunda de diversas fontes, sendo que a mais utilizada foi a Malha Viária do SIPAM na escala de 1:100000.

Para analisar os distintos critérios foi adotada uma metodologia baseada na utilização do geoprocessamento com os softwares SPRING e TerraView. Esta metodologia seguiu critérios restritivos e de tomada de decisão para as condições ambientais, aspectos legislativos, extensão da área, distância do trajeto da fonte geradora dos resíduos, tendo como referência Melo (2002).

No primeiro momento foram gerados 4 agrupamentos com os dados geográficos, tendo como finalidade de gerar as áreas restritas, através das normas técnicas, resoluções e legislação vigente. Sendo assim, atribuindo o peso 1 para as áreas aptas e 0 para as áreas restritas.

Além dos grupos restritivos há também o grupo dos critérios operacionais: declividade, precipitação e distância da mancha urbana de Porto Velho. Cada dado geográfico foi dividido em 5 faixas de avaliação com notas de 1 a 5, sendo que a nota 5 classifica a melhor faixa, e, em escala decrescente de qualidade até atingir nota 1.

A partir dos dados geográficos agrupados e com os pesos e notas atribuídas foram feitas as ponderações, através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico - LEGAL, gerando assim matrizes com resolução de 50x50, foi utilizado o Processo Analítico Hierárquico – AHP para comparar as importâncias dos 3 dados: declividade, precipitação e distância da concentração urbana (CUNHA, OLIVEIRA e SILVA, 2001). O processo de comparação foi feito aos pares, levando-se em consideração os seguintes critérios: distância da mancha urbana de Porto Velho moderadamente melhor que a declividade, pois a declividade pode ser melhorada através de obras geotécnicas; algo melhor a precipitação em relação a declividade no segundo critério, já que não se pode alterar, neste caso, o fluxo da natureza em relação a chuva; e um pouco melhor a distância em relação a precipitação por se tratar de uma questão econômica.

Como resultado dos critérios adotados foi gerada uma razão de consistência de 0.016 que é uma razão considerável, quanto mais perto de 0 (zero) melhor, pois o 0 (zero) indica a completa consistência do processo de julgamento.

Através da programação LEGAL foram definidas as áreas restritas com a média ponderada entre dois Planos de Informação - PI e as devidas correções caso houvesse PI sem numeração, ou seja, esse processo foi feito aos pares em ordem crescente, sempre com o resultado mais outro PI de ponderação.

Em seguida, através da programação LEGAL, foi gerado o fatiamento das classes seguindo critérios de identificação definidas neste trabalho, tendo como base Santos e Girardi (2007), mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Critérios de identificação das áreas.

<b>Critério</b>	<b>Faixa de Avaliação</b>
Imprópria	0 – 1
Péssima	1 – 2
Regular	2 – 3
Boa	3 – 4
Própria	4 – 5



A população do município para o ano 2020 foi estimada através de Progressão Geométrica, com a utilização de dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE para o município de Porto Velho/RO nos anos de 2007 e 2010.

Para definir o tamanho da área mínima foi utilizado como referência BRASIL (2011), onde o mesmo já relaciona a faixa de número de habitantes com a área, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Referência de área mínima recomendável para implantação do aterro sanitário.

<b>População Urbana (habitantes)</b>	<b>Área Mínima Recomendável (ha)</b>
Até 2.000	1
Entre 2.001 e 5.000	2
Entre 5.001 e 10.000	4
Entre 10.001 e 20.000	6
Entre 20.001 e 50.000	10
Entre 50.001 e 100.000	20
Entre 100.001 e 150.000	25
Entre 150.001 e 250.000	35
Entre 250.001 e 500.000	55
Entre 500.001 e 750.000	95

Fonte: Brasil, 2011.

### 3 Resultados e discussão

Na forma de modelo numérico, todas as áreas restritas são mostradas na cor preta com valor 0 (zero) para as grades. Assim, a Figura 1 apresenta a área restrita que esta fora do estado de Rondônia, mais a área restrita do aeroporto, restringindo o Oeste e o Noroeste do município de Porto Velho.

Ao Sudoeste do município de Porto Velho existem algumas áreas de restrições, as áreas em questão se tornaram restritas, através da Área de Preservação Permanente - APP de Santo Antônio, drenagem, áreas de circulação, Núcleos populacionais, núcleos residenciais urbanos e Unidades de Conservação - UCs, mas observa-se que existem muitas áreas não restritas que serão avaliadas posteriormente pelos critérios de decisão adotados na metodologia.

O quadrante Sul do município também possui uma grande quantia de áreas restritas. Além de existir áreas como: drenagem, áreas de circulação, Núcleos populacionais, núcleos residenciais urbanos, o processo indica que a terra indígena dos Karitianas é o responsável pela restrição de uma grande área. No quadrante Sudeste é encontrado a maior extensão de áreas livres, porém a divisa do município de Porto Velho com o município de Candeias do Jamari está muito próxima da mancha urbana de Porto Velho. Assim as áreas pertencentes a Porto Velho é relativamente pequena, e esta diminuindo a cada dia, pois é a direção de crescimento do município, tanto com empreendimentos industriais e comerciais quanto residenciais.

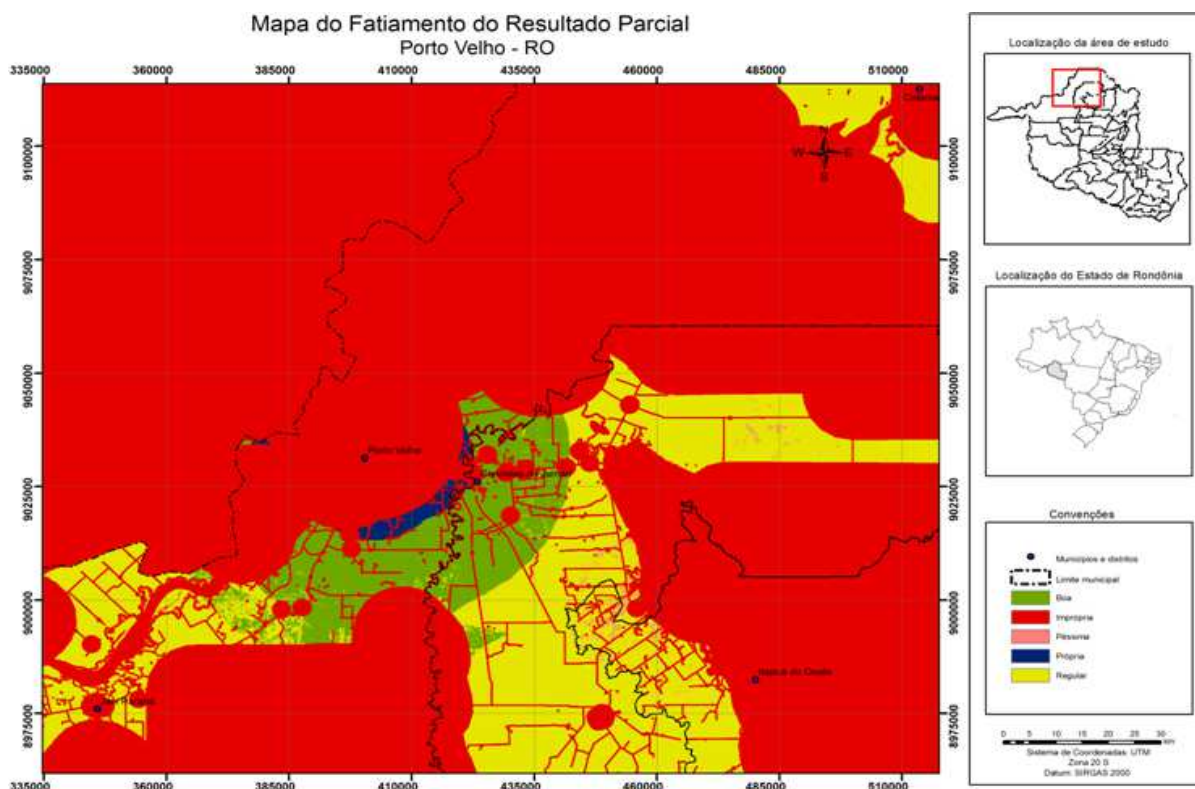
A direita do município de Porto Velho, no quadrante Leste, encontra o mesmo problema do quadrante Sudeste, que além das áreas restritas o limite municipal se encontra mais próximo ainda da mancha urbana de Porto Velho. O quadrante com menos áreas livres é



o Nordeste, pois as UCs: Estação Extrativista - ESEX Cuniã e a Floresta Nacional - FLONA Jacundá ocupam uma grande área do município de Porto Velho. Há uma pequena área livre que ainda é restrita em algumas partes com as demais considerações.

Ao Norte do município não ficou nenhuma área livre, pois a Área de Proteção Ambiental - APA Rio Madeira e a Floresta Estadual de Rendimento Sustentável - FERS Rio Madeira B ocupam toda área dentro do limite estadual de Rondônia com o Amazonas. Lembrando que durante o processo foi descartado para este estudo a área territorial do estado do Amazonas.

Figura 1. Classificação preliminar das áreas.



Assim, com a população para 2020 estimada em 532.798 habitantes, e de acordo com Brasil (2011) será necessária uma área mínima de 95 ha para implantação do aterro sanitário no município de Porto Velho – RO.

Foi necessário o agrupamento das classes do resultado, onde foi gerado um novo PI temático apenas com as classes: Própria, Boa, Regular e Péssima, conforme mostrado na Figura 2. As áreas identificadas como próprias são de 8, estando distribuídas nos quadrantes Oeste e Sudeste, onde é encontrada a maioria das áreas próprias. Analisando este resultado verifica-se que além de ter poucas opções, ainda têm-se particularidades que devem ser observadas.

As áreas que estão no quadrante Oeste têm o problema da travessia do rio Madeira que ainda é realizada através de embarcação flutuante. E no quadrante Sudeste, há a particularidade de estar próximo ao limite municipal com Candeias do Jamari, e, também, o local de expansão da mancha urbana. A malha viária também mostra que todas as áreas têm acesso por estradas municipais não pavimentadas, e, a visita *in loco* é fundamental para verificação das condições das mesmas, pois também influencia no custo (manutenção dos caminhos).

Foram identificadas 53 áreas boas para implantação do aterro sanitário, e como foram eliminadas as áreas fora do estado de Rondônia praticamente todas as áreas estão

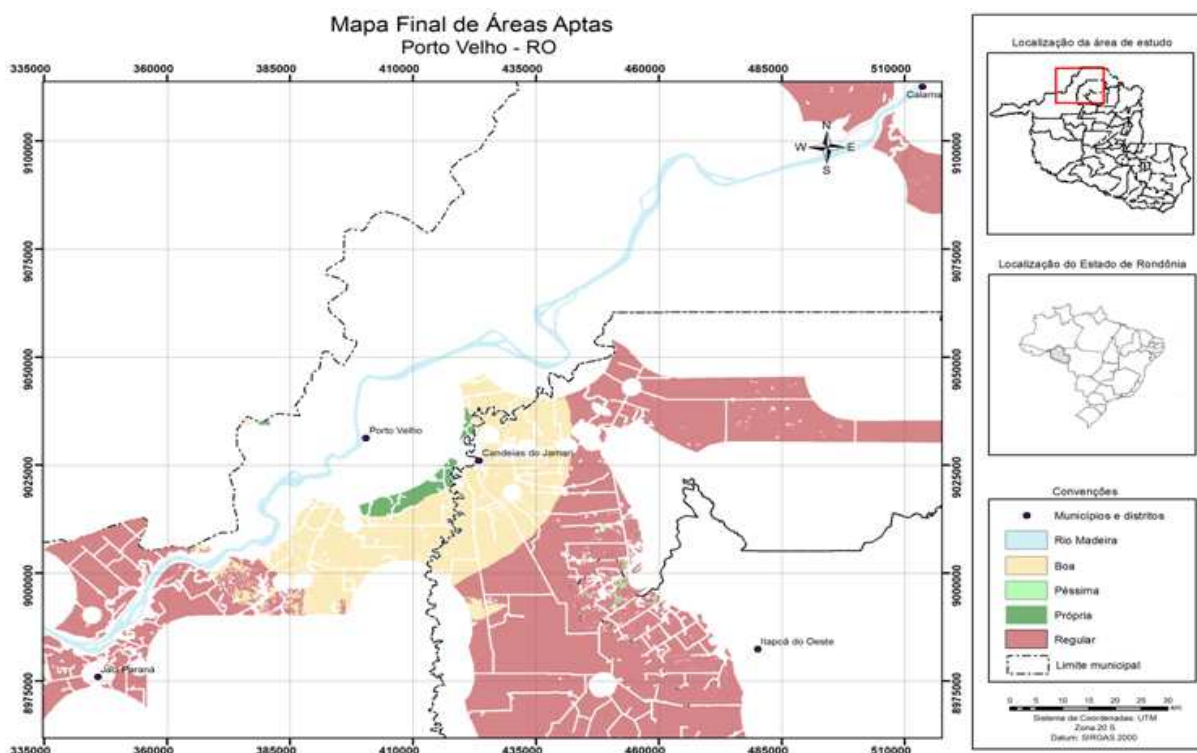


concentradas do Sudoeste ao Nordeste de Porto Velho, no sentido anti-horário. O mapa também mostra que grande parte dessas áreas está dentro do município de Candeias do Jamari, já que o limite municipal está próximo da mancha urbana. Mas no quadrante Sul há várias áreas que estão dentro do perímetro municipal de Porto Velho e com acesso através de rodovias federais e municipais.

As áreas regulares são as que possuem o maior número, 103 áreas no total, e estão distribuídas nos quadrantes Oeste ao Nordeste, no sentido anti-horário, por serem classificadas como regulares subentende-se que existem várias restrições, mas existem questões que podem ser avaliadas dependendo da necessidade, como: declividade, distância da mancha urbana e precipitação. Novamente, a maioria das áreas encontra-se no quadrante Sudeste, que não faz mais parte do município de Porto Velho, sendo esta a distância que teve peso maior em classificá-la como regular.

A classificação das áreas péssimas é determinada pelos quesitos: declividade, distância da mancha urbana e precipitação. Principalmente em relação à distância, já que a área mais próxima fica a aproximadamente 50 km da mancha urbana de Porto Velho, considerando linha reta, pois o acesso pelas rodovias representa uma distância superior.

Figura 2. Mapa final das possíveis áreas para implantação do aterro sanitário.



#### 4 Conclusão

A partir deste estudo conclui-se que é possível selecionar áreas com potencial para instalação de um aterro sanitário no município de Porto Velho/RO utilizando-se o geoprocessamento. O estudo envolveu critérios técnicos (precipitação, declividade), ambientais (drenagem, APP, áreas especiais), sociais (áreas populacionais, rodovias), econômicos (tamanho da área, distância do centro gerador de resíduos). Foram definidos 8 polígonos, com áreas de 318 ha à 3.199 ha para implantação do aterro sanitário. Tais áreas dependem ainda, de um detalhamento da vulnerabilidade física, dos aspectos econômico-financeiro e outros que forem necessários por meio de avaliações de campo e análises laboratoriais.



O município de Porto Velho possui grande extensão territorial, mas com pouca área passível de utilização para aterro sanitário, devido às áreas especiais, a divisa municipal e estadual com o Amazonas, divisa municipal com o município de Candeias do Jamari, construção das usinas de Santo Antônio e Jirau, e por fim um grande crescimento populacional e por consequência da mancha urbana.

Analisando a questão do aumento da mancha urbana e do tempo mínimo de vida do empreendimento, verificou-se que a criação de um consórcio entre os municípios de Porto Velho, Candeias do Jamari e Itapoã do Oeste é de suma importância, pois Porto Velho esta sem espaço físico para instalação de um aterro sanitário por causa da expansão da mancha urbana, e para Candeias do Jamari e Itapoã do Oeste seria economicamente viável, pois todos os seus custos seriam divididos entre os consorciados. Os consórcios públicos formados para viabilizarem a prestação de serviços públicos em resíduos sólidos têm prioridade na obtenção dos incentivos federais.

## Referências

BOVEA, M. D.; IBÁÑEZ-FLÓREZ, A.; GALLARDO, A.; COLOMER-MENDOZA, F. J. Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. **Waste Management** 30 (2010), p. 2383-2395.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Execução dos estudos ambientais preliminares, elaboração do projeto básico e executivo completo do aterro sanitário. Termo de referência técnico. Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/images/stories/arquivosSNSA/arquivos\\_PDF/15\\_TRProjRSUAterro\\_Completo2010\\_2011.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/arquivosSNSA/arquivos_PDF/15_TRProjRSUAterro_Completo2010_2011.pdf). Acesso em: 01 abr. 2011.

CUNHA, Edson Ricardo Soares Pereira da; OLIVEIRA, Marcus Vinícius de; SILVA, Fábio Roque Moreira da. **Utilização da técnica de processo analítico hierárquico (AHP) na avaliação da “favorabilidade” para a prospecção mineral de cromo na região de Pinheiros Altos, município de Piranga, MG**, Brasil. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 2, abr./jun. 2001, ISSN: 0370-4467.

MELO, André Luis de O.. et al. **Principais Metodologias para Avaliação e Seleção de Áreas para Aterros Sanitários**. GEOTECNIA – Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia. Ed. 96. 2002.

SANTOS, Juliana Silveira dos; GIRARDI, Alessandro Gonçalves. **Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS**. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5491-5498.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues**. McGraw-Hill 1993, 978 p.

WEBER, Eliseu; HASENACK, Heinrich. **Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados**. In: Anais do GIS Brasil, 2004.