



Faculdade de Administrações e Negócios de Sergipe – FANESE
Núcleo de Pós-Graduação e Extensão – NPGE
Auditoria, Perícia Ambiental e Desenvolvimento Sustentável

DANIELE SUZANE DA SILVA PINTO TELES

**METODOLOGIAS APLICADAS NA SELEÇÃO DAS ÁREAS
PARA IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS SANITÁRIOS EM
CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Aracaju - SE
17 de agosto de 2018

DANIELE SUZANE DA SILVA PINTO TELES

**METODOLOGIAS APLICADAS NA SELEÇÃO DAS ÁREAS PARA
IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS SANITÁRIOS EM CONSÓRCIOS
INTERMUNICIPAIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Núcleo de Pós-Graduação e Extensão –
NPGE, da Faculdade de Administração de Negócios de Sergipe – FANESE, como
requisito para a obtenção do título de Especialista em Auditoria, Perícia Ambiental e
Desenvolvimento Sustentável.**


Heloísa Thaís R. Souza
Eng^o Florestal
CREA 2709151081

Heloísa Thaís Rodrigues de Souza
Avaliadora

Felora Daliri Sherafat
Coordenadora do Curso



Daniele Suzane da Silva Pinto Teles
Aluna

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), 17 de setembro de 2018.

RESUMO

A sociedade atual possui hábitos que geram o descarte de grande quantidade de resíduos sólidos. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos exige que uma das formas de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos sejam em aterros sanitários. Uma vez que a implantação de aterros sanitários são atividades potencialmente poluidoras, é importante utilizar a análise de risco como instrumento de gestão ambiental, além de ferramentas como Sistema de Informação Geográfica (SIG) e análise multicritério para evitar que futuras instalações ocasionem impactos ambientais negativos severos. Desta forma, o objetivo deste artigo é realizar uma revisão bibliográfica para apresentar a análise de risco, o uso de ferramentas SIG e análise multicritério como instrumentos de auxílio na seleção de áreas adequadas para implantação de aterros sanitários e incentivar os profissionais públicos da área de gestão de resíduos sólidos a aplicar essas ferramentas na escolha das áreas para construção de aterros sanitários. Os custos envolvidos na implantação e operação de aterros sanitários públicos são elevados e os recursos financeiros e técnicos dos municípios para regularizar a gestão de resíduos são limitados. Por isso a Política Nacional dos Resíduos Sólidos incentiva a adoção de consórcios intermunicipais. Os consórcios visam dividir esses custos entre as administrações públicas e facilitar a obtenção de recursos para a sua implantação. Ao uso das metodologias descritas no presente trabalho pode auxiliar os órgãos competentes envolvidos na escolha das áreas adequadas para disposição final dos resíduos sólidos, evitando que áreas com restrições social, econômica, política, cultural e ambiental, além de restrições técnicas e legais continuem sendo selecionadas para construção dos aterros sanitários.

Palavras-chave: Aterro sanitário. Análise de risco. Consórcios intermunicipais.

**METHODOLOGIES APPLIED IN THE SELECTION OF THE AREAS FOR
IMPLANTATION OF SANITARY LANDFILL IN INTERMUNICIPAL
CONSORTIA: A bibliographic review.**

ABSTRACT

Current society has habits that generate the discharge of large amounts of solid waste. The National Policy of the Solid Waste requires that one of the forms of environmentally appropriate final disposition of the wastes is in landfills. Since the implementation of landfills are potentially polluting activities, is important to use risk analysis as an environmental management tool, as well as tools such as Geographic Information System (GIS) and multicriteria analysis to avoid that future installations causing severe negative environmental impacts. Thus, the objective of this article is to do a bibliographic review to present the risk analysis, the use of GIS tools and multicriteria analysis as instruments of assistance in the selection of suitable areas for the implantation of landfills and to encourage the public professionals of the management area of solid waste to apply these tools in the choice of areas for the construction of landfills. The costs involved in the implementation and operation of public landfills are high and the financial and technical resources of municipalities to regulate waste management are limited. Therefore, the National Policy on Solid Waste encourages the adoption of intermunicipal consortia. The consortia aim to share these costs among the public administrations and facilitate the obtaining of resources for their implementation. The use of the methodologies described in this study can help the competent agencies involved in the selection of suitable areas for final disposal of solid waste, avoiding that areas with social, economic, political, cultural and environmental restrictions, as well as technical and legal restrictions are still selected for the construction of landfills

Keywords: Sanitary landfill. Risk analysis. Intermunicipal consortia

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ADEMA - Administração Estadual do Meio Ambiente

ASA - Área de Segurança Aeroviária

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COMAER – Comando da Aeronáutica

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

GIS - Geographic Information System

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PBGRA - Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

RIMA – Relatório de Impacto ao Meio Ambiente

SGRCC - Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SIGs -Sistemas de Informação Geográfica

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SUASA – Sistema Unificado de Assistência à Sanidade Agropecuária

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE SIGLAS	
1 INTRODUÇÃO.....	07
2 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)	09
2.1 Aspectos Gerais.....	09
2.2 Consórcios Intermunicipais.....	10
3 USO DE METODOLOGIAS PARA AUXILIAR A SELEÇÃO DE ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS	11
3.1 Seleção de Áreas para Aterros Sanitários com Uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e Análise Multicritério	11
3.2 Análise de Risco na Seleção de Áreas para Aterros Sanitários	14
4 INSTRUMENTOS LEGAIS E NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES	15
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
REFERÊNCIAS.....	19
Dados da Autora	24

1 INTRODUÇÃO

As atividades da sociedade moderna, associadas ao seu padrão de consumo, têm aumentado cada vez mais a quantidade de resíduos sólidos que são diariamente descartados, tornando-se assim um grande desafio buscar áreas adequadas para sua disposição final.

No Brasil, apesar da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) ter sido instituída pela Lei 12.305 de 2010, pouco foi feito desde então em relação ao cumprimento das suas diretrizes relacionadas à gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, principalmente no que diz respeito à disposição ambientalmente adequada dos rejeitos (FELICORI *et. al.*, 2016; GUEVARA *et. al.*, 2017).

Segundo o levantamento realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2017), foram identificados cerca de 3.000 lixões no Brasil, forma de destinação dos resíduos sólidos que ainda é mais utilizada pelos gestores públicos dos municípios brasileiros. As principais dificuldades para encerrar os lixões são a falta de recursos financeiros e a carência de profissionais com capacidade técnica para a gestão dos resíduos sólidos nos municípios.

A disposição dos resíduos sólidos em lixões é uma das maiores fontes de poluição dos recursos naturais, causando a poluição do solo, dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, do ar, além de causar problemas de saúde pública que trazem prejuízos para os cofres públicos. Por outro lado, os investimentos necessários para atender às alternativas de disposição final da PNRS demandam cerca de um terço do valor total gasto com os problemas de saúde pública (ABRELPE, 2017).

A Lei n° 12.305 de 2010, no art. 54, exige que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deveria ser implantada em até quatro anos após a data de publicação da Lei, ou seja, os lixões deveriam ter sido encerrados até 2014. Com a proibição e a penalizações de ações relacionadas à disposição final dos resíduos sólidos na modalidade de lixões, definidos na Lei n° 9.605 de 1998, muitos municípios estão em processo de encerramento dos lixões. Desta forma, os municípios precisam gerenciar os resíduos sólidos, buscando soluções para a disposição final dos rejeitos.

Apesar dos avanços das técnicas de destinação final, como a reciclagem, reuso e redução e no uso da compostagem e das tecnologias de incineração, o Brasil ainda utiliza aterros sanitários com a principal alternativa para a disposição dos resíduos sólidos urbanos

(COLVERO, *et al.*, 2018). A seleção do local para construção de aterros sanitários é uma das etapas mais importantes da gestão dos resíduos sólidos, visto que exige o envolvimento político, econômico, ambiental, cultural e social, além de considerações técnicas e legais (BRASIL, 2010; ABRELPE, 2017).

Nos últimos anos houve um crescimento na aplicação de ferramentas de gestão ambiental para auxiliar na seleção de áreas adequadas para instalação de aterros sanitários. Dentre essas, a análise de risco tem sido utilizada no estudo de locais para aterros, que seja na fase de planejamento, operação ou no estágio de conclusão. A análise de risco é uma ferramenta vital para determinar o nível de controle de risco, que subsequentemente determina o nível de redução de risco, o que pode contribuir na escolha da localização de um aterro sanitário, onde os riscos ambientais são relativamente baixos (BUTT, *et al.*, 2016).

Os custos envolvidos na implantação e operação de aterros sanitários públicos são elevados e como foi dito anteriormente, os recursos financeiros e técnicos dos municípios para regularizar a gestão de resíduos são limitados. Para estimular a solução dessa problemática, a PNRS incentiva à adoção de consórcios intermunicipais. Esses consórcios visam dividir esses custos entre as administrações públicas e facilitar a obtenção de recursos para a sua implantação. (BRASIL, 2010; FELICORI, *et al.*, 2016).

O objetivo deste artigo é realizar uma revisão bibliográfica para apresentar a análise de risco, o uso de ferramentas do Sistema de Informação Geográfico (SIG) e análise multicritério como instrumentos de auxílio na seleção de áreas adequadas para implantação de aterros sanitários e incentivar os profissionais públicos da área de gestão de resíduos sólidos a aplicar essas ferramentas para reduzir os custos operacionais e de investimento do projeto, além de evitar perdas de recursos financeiros e danos ao meio ambiente causados pela escolha de áreas inapropriadas.

Desta forma, torna-se importante utilizar metodologias que auxiliam nas escolhas de áreas para construção de aterros sanitários como instrumento da gestão ambiental dessas unidades de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, uma vez que os mesmos são potencialmente poluidores do meio ambiente. A realização da análise de risco e da análise multicritério, além do uso de ferramentas SIG na seleção das áreas para implantação dos aterros sanitários é, portanto, imprescindível para evitar o mau funcionamento dessas futuras instalações, e conseqüentemente ocasionar impactos ambientais negativos severos.

2 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

2.1 Aspectos Gerais

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) é considerada por muitos autores como um marco histórico da gestão dos resíduos sólidos no Brasil. Promulgada em 2010, a PNRS traz alguns princípios como a responsabilidade compartilhada entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade, impulsiona o retorno dos produtos às indústrias após o consumo (logística reversa) e incentiva a coleta seletiva e a reciclagem, com participação formal dos catadores organizados em cooperativas.

A PNRS no art. 3º define alguns termos relevantes para o entendimento a respeito das soluções de destinação dos resíduos sólidos, dentre essas as alternativas dos aterros sanitários:

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

VIII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Ainda no art. 3º define-se resíduos sólidos e rejeitos como:

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos define no Art. 9º que, na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos, deve-se adotar a seguinte ordem de prioridade: não

geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A não geração, a redução e a reutilização envolvem a educação ambiental e depende da mudança de hábitos da sociedade, o que permite alcançar resultados apenas a longo prazo. A reciclagem é realizada no Brasil em pequena escala e de forma não organizada, mas com potencial para crescimento em função dos incentivos trazidos pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (OLIVEIRA e GALVÃO JUNIOR, 2016).

A disposição final ambientalmente adequada para ser alcançada, é importante que essa ordem de prioridade seja cumprida de forma efetiva, visto que as políticas de educação ambiental na gestão dos resíduos sólidos incentivam a prática da coleta seletiva e da reciclagem, o que vai reduzir o volume de material que precisa ser disposto, através do aproveitamento dos resíduos sólidos e o descarte nos aterros sanitários apenas dos rejeitos.

2.2 Consórcios Intermunicipais

Os Consórcios intermunicipais começam a ganhar força com a promulgação da Constituição Federal de 1988, quando os municípios passaram a assumir responsabilidades que eram do Estado e da União em diversos setores – saúde, educação, segurança, preservação ambiental (CALDERAN *et al.* 2012 *apud* ANJOS *et al.*, 2016). Em 2005 foi aprovada a Lei nº 11.107/2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências.

Segundo Batista (2011), *apud* Anjos *et al.*, (2016), os Consórcios Públicos podem ser constituídos com personalidade jurídica de direito público, quando constituído em um Associação Pública, ou pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos, e regidos pelos preceitos da Administração Pública.

A Lei 12.305 de 2010, em seu art. 8º, inciso XIX, estabelece como um dos instrumentos para a efetivação dessa Política Nacional o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados. A importância dessa estrutura de governança na gestão de resíduos sólidos é a elevação das escalas de aproveitamento e a diminuição dos custos envolvidos (MADEIRA *et al.*, 2013).

Nesse arcabouço legal, no art. 11, trata da incumbência dos Estados quanto a sua atuação no dever de apoiar e priorizar as iniciativas do Município de soluções consorciadas ou compartilhadas entre dois ou mais Municípios. Segundo o Art. 19, inciso III, a identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros

Municípios, considera os critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais.

De acordo com o art. 45 da Lei supracitada, os consórcios públicos constituídos têm o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal (BRASIL, 2010).

Desta forma, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos foi um marco para que ações fossem implementadas para solucionar a questão da problemática gerada pelos resíduos sólidos. Para atender as diretrizes da PNRS, no que diz respeito a disposição final ambientalmente adequada, torna-se necessária a aplicação de metodologias que auxiliem na tomada de decisão quanto a localização da disposição final adequada, visando garantir que todos os requisitos da PNRS sejam atendidos.

3 USO DE METODOLOGIAS PARA AUXILIAR A SELEÇÃO DE ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS.

3.1 Seleção de Áreas para Aterros Sanitários com Uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e Análise Multicritério

A seleção de áreas para a disposição final dos rejeitos é uma etapa do ciclo de tomada de decisões da gestão dos resíduos sólidos criteriosa, visto que envolvem considerar fatores políticos, culturais sociais, econômicos e ambientais, além de ser necessário atender a legislação, normas operacionais e técnicas específicas para evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Das formas de disposição final ambientalmente adequada, os aterros sanitários atendem às medidas para proteção do meio ambiente e satisfazem a legislação vigente (GUEVARA, 2017). Uma vez que, o aterro sanitário consiste na disposição de rejeitos em área impermeabilizada com recobrimento e compactação do material, utilizando camadas sucessivas de solo.

A decomposição dos rejeitos ocorre por meio de digestão anaeróbia, o que gera líquidos lixiviados (chorume) e do biogás resultantes do processo. Esses líquidos precisam ser coletados por meio de drenos e tratados em lagoas aeróbias e o biogás é queimado ou pode ser coletado para reaproveitamento e geração de energia (FELICORI *et. al.*, 2016).

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) nº 8419/1992, aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos são definidos como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992).

Os municípios brasileiros têm encontrado entraves para se adequar a legislação a respeito da construção de operação de aterros sanitários dentro das normas específicas da PNRS devido a não disponibilidade de áreas adequadas e recursos para o investimento em infraestrutura e logística. Na seleção de áreas para aterros sanitários são considerados fatores como aspectos ambientais, restrições legais e critérios operacionais. O levantamento dessas informações costuma ser oneroso e de difícil integração e manipulação (LOURENÇO *et al.*, 2015).

A aplicação de metodologias que auxiliam na seleção de áreas para implantação para aterros sanitários apresentada por Colvero *et. al.*, (2018), mostram que a falta dessa análise prévia tem levado a escolha de áreas inadequadas para a construção de aterros sanitários.

De acordo com Lourenço *et al.*, (2015) hoje em dia tem se utilizado de forma sistemática novos procedimentos metodológicos que reduzem os recursos humanos e financeiros nos estudos de seleção de áreas para a alocação de aterros sanitários. Desta forma, tem-se empregado ferramentas computacionais para facilitar as inter-relações com o espaço geográfico e providenciar estudos com finalidades específicas.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são as ferramentas computacionais para o Geoprocessamento (conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica) que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Essas ferramentas ainda permitem automatizar a produção de documentos cartográficos (DRUCK *et. al.*, 2004). Segundo Marín *et. al.*, (2012) os Sistemas de Informação Geográfica são ferramentas poderosas para auxiliar no melhor gerenciamento dos recursos naturais.

O Geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. O Brasil, país com uma dimensão territorial ampla, tem uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais. Desta forma, o uso das ferramentas SIG apresentam um enorme potencial,

principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (DRUCK *et. al.*, 2004).

Portanto, estudar áreas para disposição final de rejeitos envolve os aspectos técnicos, ambientais e socioeconômicos, que possuem variabilidade e correlação espacial dentro do local de estudo. Sendo assim, o uso das variadas técnicas de geoprocessamento incorporado ao ambiente informatizado dos Sistemas de Informação Geográfica apresenta um enorme potencial para análise das áreas disponíveis para os aterros sanitários.

Outra metodologia bastante utilizada na identificação das áreas disponíveis para construção de aterros sanitários é a análise multicritério, que consiste em um conjunto de técnicas que auxiliam na tomada de decisão a cerca de uma questão complexa. É uma técnica que permite que a decisão seja ajustada com base nos critérios considerados relevantes para o problema em questão. A escolha da técnica específica a ser utilizada depende do tipo de problema em análise, do contexto em estudo, dos agentes decisores envolvidos, dos procedimentos de comparação das alternativas e do tipo de respostas a que se quer chegar (COSTA, *et al.*, 2018).

De acordo com Calijuri, *et. al.*, (2002) a escolha de uma área para construção de um aterro sanitário é um processo de decisão de natureza multicritério, no qual são considerados diversos atributos e implica na avaliação e seleção de áreas adequadas, entre as várias alternativas possíveis, com base em alguns critérios. Na análise multicritério existe a questão do risco associado a decisão e o risco depende da forma como os critérios são avaliados.

Na análise multicritério são atribuídos pesos, também chamado de valoração dos critérios, que é a quantificação da importância relativa a cada um deles no processo de decisão. Existem várias propostas na literatura para a atribuição de pesos, ou seja, não há um modelo consensual (CALIJURI, *et. al.*, 2002).

A análise multicritério pode ser aplicada integrando critérios para selecionar áreas apropriadas para aterros sanitários em locais que tenham conflitos socioculturais, econômicos e ambientais. Através do desenvolvimento de SIG, o processo de implantação de aterros é cada vez mais baseado em análises espaciais e modelagens mais sofisticadas. A combinação de recursos SIG e técnicas de análise multicritério produz análise de decisão espacial multicritério que é mais apropriada para a localização ideal do aterro sanitário (ESKANDARI *et al.*, 2012).

A avaliação para criação de consórcios intermunicipais para construção de aterros sanitários compartilhados pode ser auxiliada utilizando as técnicas citadas anteriormente, de

forma que os consorciados contribuam financeiramente com a implantação e manutenção, independente da área de implantação do aterro, definido a partir de critérios técnicos, ambientais e sociais (LOURENÇO *et al.*, 2015).

3.2 Análise de Risco na Seleção de Áreas para Aterros Sanitários

O nível de risco tem aumentado cada vez mais e exige que as organizações desenvolvam a capacidade de lidar com alto nível de risco em seus planos, projetos e processos estratégicos, tanto no setor público quanto no privado. O uso de processos eficientes de gerenciamento e análise de riscos que permitam o tratamento e a prevenção de crises é essencial. Portanto, a análise de risco visa proteger os recursos humanos, materiais e financeiros de qualquer empreendimento (ANDRADES *et al.*, 2014).

O setor da gestão de resíduos sólidos aplica amplamente a análise de risco nas questões como, por exemplo, os riscos para as águas subterrâneas dos locais de implantação dos aterros sanitários e riscos à saúde humana (POLLARD *et al.*, 2006). Por outro lado, as análises de risco dos aterros são feitas por metodologias tradicionais que não consideram os vários fatores que são afetados pelo passivo gerado. Como por exemplo, levar em consideração o risco de contaminação do solo não apenas por chorume dos corpos d'água subterrâneos, mas dos corpos superficiais, os sistemas ecológicos dependentes, a flora, fauna, ar, a saúde humana, que é o princípio da ferramenta holística (BUTT *et al.*, 2016).

Segundo Butt e Oduyemi (2003), a análise de risco era uma área nova de pesquisa, inclusive a sua aplicação no estudo de aterros sanitários. Os autores salientam nesse artigo a deficiência na literatura sobre uma abordagem holística da análise de risco aterro sanitário, com ênfase na avaliação de risco do lixiviado do aterro. Treze anos depois, Butt *et al.*, (2016), aborda a importância de utilizar uma estrutura holística conceitual para uma análise de risco mais eficiente.

Independentemente do tipo avaliação de risco e a área ambiental de aplicação, os fundamentos são os mesmos. É necessário haver um alvo / receptor ambiental que pode ser afetado por um perigo ou evento indesejado. Da mesma forma, existem três maneiras de controlar os riscos, que são: remover a fonte dos perigos, remover os receptores dos perigos, ou manipular os caminhos entre a fonte e receptores (BUTT *et al.*, 2008).

Butt *et al.*, (2008), argumenta sobre as fragilidades da metodologia utilizada pelos pesquisadores da área para avaliar os riscos causados pelo lixiviado dos aterros sanitários,

levantando alguns pontos fracos como: falta de abrangência aos vários tipos de sistemas de aterros e seus arredores; cobertura de todas as características possíveis dos aterros, como revestimento de aterros sanitários e estudo de base (incluindo fatores como geologia, hidrologia, hidrogeologia, meteorologia, geografia, topografia, engenharia do site e influência humana); identificação de perigos e categorização em grupos como tóxico, não-tóxico, carcinogênico e não carcinogênico perigos; dentre outros.

Em síntese, a metodologia utilizada para análise de risco consiste em identificar e avaliar os perigos, avaliar os riscos e gerenciar a riscos. A proposta para uma estrutura conceitual holística de análise de risco utiliza essa metodologia, porém considera os fatores como geologia, geografia, hidrologia, hidrogeologia, meteorologia, uso e ocupação do solo, influência humana e topografia como estudo de base para identificar os perigos, e assim estimar com mais precisão o nível dos riscos causados pelo lixiviado dos aterros sanitários e, conseqüentemente, melhor gerenciar esses riscos (BUTT *et al.*, 2016).

4 INSTRUMENTOS LEGAIS E NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES

Os critérios para definir as áreas aptas ou não para implantação dos aterros sanitários são baseadas nas restrições legais. A legislação é um importante instrumento na identificação de áreas disponíveis, visto que são nas leis e normas pertinente que são definidos os parâmetros restritivos das áreas inadequadas para operação desse tipo de empreendimento.

No Brasil, a NBR 13.896/1997 define os critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos. Os critérios para a localização de aterros sanitários devem ser de tal forma que os impactos ambientais gerados na sua implantação e operação sejam mínimos; a instalação do aterro deve ser bem aceita pela população vizinha; além disso, é necessário que ele esteja de acordo com o zoneamento local e que possa ser utilizado por longo espaço de tempo (ABNT, 1997).

Baseados nos critérios acima mencionados, para avaliar a adequabilidade de um local devem ser feitas considerações técnicas que servem como embasamento para definir os fatores inseridos no banco de dados de ferramentas SIG e na realização da análise multicritério, permitindo assim delimitar as áreas disponíveis e restritas.

Segundo Sergipe (2017), a verificação das restrições legais referentes à implantação de aterro sanitário deve ser observada nos âmbitos federal, estadual e municipal, bem como em

conjunto com resoluções e normas técnicas. No âmbito federal a legislação relacionada a questões pertinentes a gestão integrada dos resíduos sólidos compreendem:

- ✓ Resolução CONAMA nº 01/1986: determina que o licenciamento de aterros sanitários, enquanto atividade modificadora do meio ambiente depende da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto no Meio Ambiente (EIA/RIMA);
- ✓ Resolução CONAMA no 05/1988: dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de saneamento, com destaque para as unidades de transferência, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos;
- ✓ Resolução CONAMA nº 04/1995: estabelece a Área de Segurança Aeroviária – ASA, que tem como objetivo garantir a segurança aeroviária em aeroportos e aeródromos contra riscos aviários;
- ✓ Resolução CONAMA no 237/1997: dispõem sobre a necessidade de licenciamento ambiental para as unidades de transferência, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos;
- ✓ Lei nº 11.428/2006: dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências;
- ✓ Lei nº 11.445/2007: estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Revoga a Lei nº 6.528/78 e altera as Leis nº 6.766/79, 8.036/90, 8.666/93 e 8.987/95 e dá outras providências;
- ✓ Resolução CONAMA nº 404/2008: estabelece que os procedimentos de licenciamento ambiental de aterros sanitários de pequeno porte (disposição diária de até 20 t) sejam realizados de forma simplificada de acordo com os critérios e diretrizes definidas nesta Resolução. Revoga a Resolução CONAMA no 308/2002;
- ✓ Lei nº 12.305/2010: institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605 de 1998 e dá outras providências;
- ✓ Decreto nº 7.404/2010 - regulamenta a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa e dá outras providências;
- ✓ Portaria COMAER nº 906/2010: estabelece o Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário – PBGRA, documento que define critérios e ações para mitigar e/ou eliminar risco de operação de aeronaves;

- ✓ Lei nº 12.651/2012: também, conhecida como “Novo Código Florestal”, estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa, incluindo áreas de preservação permanente, de reserva legal e de uso restrito, exploração florestal e assuntos relacionados. Altera as Leis nº 6.938/1981, 9.393/1996 e 11.428/2006 e revoga as Leis nº 4.771/1965 e 7.754/1989 e a Medida Provisória no 2.166-67/2001.

No Estado de Sergipe, a legislação pertinente ao gerenciamento integrado de resíduos sólidos merece destaque a Lei nº 5.857, de 22 de março de 2006, que dispõe sobre a Política Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e dá providências correlatas. Os critérios preconizados pela NBR 13.896/1997 são utilizados pela Administração Estadual do Meio Ambiente - ADEMA no processo de licenciamento de aterros sanitários, no Estado de Sergipe (SERGIPE, 2017).

No âmbito municipal, é importante citar a Lei nº 4452 de 31 de outubro de 2013, que “institui, no âmbito do Município de Aracaju, o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC, e dá providências correlatas” e o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Aracaju, elaborado em 2017, que aborda o esgotamento sanitário, abastecimento de água, drenagem de águas pluviais, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

São várias as normas técnicas preconizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, que tratam sobre questões pertinentes ao gerenciamento de resíduos sólidos. Dentre estas normas merecem destaque, além da NBR 13.896/1997, a NBR 15.849/2010, que estabelecem critérios restritivos para a localização de aterros sanitários de pequeno porte e as NBR's 15.112/2004, 15.113/2004 e 15.114/2004, que versam sobre diretrizes para projeto, implantação e operação de aterros, áreas de transbordo e triagem e áreas de reciclagem de resíduos da construção civil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da existência de muitos estudos relacionados à Política Nacional dos Resíduos Sólidos, nota-se que ainda pouco foi feito em relação à adoção de soluções para destinação final dos resíduos sólidos e principalmente a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A maioria dos municípios brasileiros ainda possui carência de recursos financeiros

voltados para a gestão dos resíduos sólidos e de profissionais técnicos que atuem na área ambiental (ABRELPE, 2017).

Poucas ações são observadas quanto à tomada de decisão por parte dos gestores públicos quanto à solução do problema da disposição final dos resíduos sólidos na modalidade dos lixões (FELICORI *et. al.*, 2016).

A aplicação de metodologia como a análise de risco para aterros sanitários, o uso de ferramenta SIG e a análise multicritério são alternativas para auxiliar na seleção de áreas adequadas para a implantação de aterros sanitários, visto que muitos aterros sanitários em operação no Brasil operam em áreas inadequadas, pela falta de um estudo preliminar para obtenção de informações a respeito dos aspectos tanto físicos, quanto econômicos e socioculturais.

Quanto à análise de risco na fase de planejamento dos aterros sanitários, existem poucos estudos, principalmente realizados no Brasil e os estudos existentes utilizam uma metodologia de avaliação dos riscos de forma pontual, ou seja, leva em consideração apenas os fatores que são afetados diretamente pelo agente causador do perigo.

As soluções consorciadas são uma alternativa para agilizar as tratativas quanto a solução do encerramento dos lixões e a disposição final ambientalmente adequada em aterros sanitários, visto que facilita a obtenção de recursos do governo, além viabilizar a manutenção dos empreendimentos.

Com a existência de uma legislação ampla, contendo leis, resoluções, decreto, normas técnicas, manuais e trabalhos científicos que norteiam quanto aos locais mais adequados para implantar aterros sanitários, nota-se que algumas decisões têm deixado muito a desejar, pois não levam em consideração parâmetros relevantes que podem causar sérios problemas, tanto ambientais quanto sociais e econômicos.

Portanto, é necessário que sejam utilizadas as metodologias descritas no presente trabalho para análise preliminar das possíveis áreas disponíveis, visto que essas podem auxiliar nos estudos posteriores das áreas selecionadas. Além disso, as ferramentas SIG, a análise multicritério e análise de risco são metodologias que pode auxiliar os órgãos competentes envolvidos na escolha das áreas adequadas para disposição final dos resíduos sólidos, evitando assim perdas de recursos financeiros e humano, além do adiamento da execução das medidas para solucionar o problema de disposição final dos rejeitos de forma inadequada.

REFERÊNCIAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: 1992.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13896: Aterro de resíduos não perigosos: Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15.112: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15.113: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Inertes - Aterros -Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15.114: Resíduos Sólidos de Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15.849: Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Diretrizes para Localização, Projeto, Implantação, Operação e Encerramento. Rio de Janeiro, 2010.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Roteiro para encerramento dos lixões: os lugares mais poluídos do mundo [on line]. Disponível na internet via www url: http://www.abrelpe.org.br/estudo_roteiro2017.cfm.html. Arquivo capturado em 14 de junho de 2018.

ANDRADES, S. A. de; NAGALLI, A.; IZZO, R. L. dos S. **Preliminary risk analysis in the operation of a sanitary landfill**. Edje, v. 19, p. 3267 – 3277, 2014.

ANJOS, P. A. dos; AMARAL K. J. do; FISCHER. K. M. **Consórcios públicos de resíduos sólidos urbanos na perspectiva regional do Paraná**. Revista Eletrônica de Direito e Sociedade – REDES, v. 21, nº 2, p 131- 159, 2016.

ARACAJU. Lei n. 4452, de 31 de outubro de 2013. Institui, no âmbito do Município de Aracaju, o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Município, 04 de junho de 2014

BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 13 de fevereiro de 1998.

BRASIL. Lei n. 11.107, de 06 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 07 de abril de 2005.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de dezembro de 2006.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União, Brasília, 08 de janeiro de 2007.

BRASIL. Lei n. 12305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, p.2, 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Estabelece o Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário - PBGRA e dispõe sobre as ações dos Órgãos do Comando da Aeronáutica visando à eliminação ou mitigação do risco aviário à operação de aeronaves. Portaria COMAER no 906, de 22 de dezembro de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 2010.

BRASIL, Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos

Sistemas de Logística Reversa e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 2010.

BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 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, Brasília, 28 de maio de 2012.

BUTT, T. E.; ODUYEMI K. O. K. **A holistic approach to Concentration Assessment of hazards in the risk assessment of landfill leachate.** Environment International, v. 28, p. 597 – 608, 2003.

BUTT, T. E.; LOCKLEY E.; ODUYEMI K. O. K. **Risk assessment of landfill disposal sites – State of the art.** Waste Management, v. 28, p. 952 – 964, 2008.

BUTT, T. E.; JAVADI, A. A.; NUNNS, M. A.; BEAL, C. D. **Development of a conceptual framework of holistic risk assessment — Landfill as a particular type of contaminated land.** Science of the Total Environment. 569 -570 p. 815-829, 2016.

CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. de O.; LORENTZ, J. F. **Identificação de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários com Uso de Análise Estratégica de Decisão.** Informática Pública, v. 4 (2), p. 231-250, 2002.

COLVERO, D. A.; GOMES, A. P. D.; TARELHO, L.A. da C.; MATOS, M. A.A. de; SANTOS, K. A. dos. **Use of a geographic information system to find areas for locating of municipal solid waste management facilities.** Waste Management, v. 77, p. 500-515, 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, 17 de fevereiro de 1986.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de saneamento. Resolução nº 05, de 15 de junho de 1988. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, p. 22123, 16 de novembro de 1988.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária – ASAs. Resolução nº 04, de 9 de outubro de 1995. Diário Oficial da União, Brasília nº 236, Seção 1, p. 20388, 11 de dezembro de 1995.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Dispõem sobre a necessidade de licenciamento ambiental para as unidades de transferência, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Diário Oficial da União, Brasília nº 247, Seção 1, p. 30841-30843 de 22 de dezembro de 1997.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

ESKANDARI, M.; HOMAEE, M; MAHMODI. **An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area**. Waste Management, v. 32, p 1528 – 1538, 2012.

FELICORI, T. de C.; MARQUES, E. A. G.; SILVA, T. Q.; PORTO B. B.; BRAVIN, T. C.; SANTOS K. M. C. **Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 3, p. 547-560, 2016.

GUEVARA, M. D. F.; MAJER, R. M.; PEREIRA, H da S.; GREGOLIN P. R.; PAZ, M. F. da; LEANDRO, D.; CORRÊA, L. B.; NADALETI, W. C.; CORRÊA E. K. **Escolha de áreas potenciais para localização de um aterro sanitário no município de Pelotas/RS utilizando Sistema de Informações Geográficas**. Tecno-Lógica, v. 21, n. 2, p. 80 – 90, 2017.

LOURENÇO R. W.; CUNHA E SILVA, D. C. da; SALES, J. C. A.; MEDEIROS, G. A. de; OTERO, R. A. P. **Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG**. Ciência e Natura, v. 37, n. 4, p. 122 – 140, 2015.

MADEIRA, C. G.; MADEIRA, J. C.; MADEIRA, L. E. **Consórcio Público: uma análise do instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 8, p. 509-520, 2013.

MARÍN, L. E.; TORRES, V.; BOLONGARO A.; REYNA, J. A.; POHLE O.; HERNÁNDEZ-ESPRIÚ, A.; CHAVARRÍA, J.; GARCÍA-BARRIOS R.; TABLA, H. F. P. **Identifying suitable sanitary landfill locations in the state of Morelos, México, using a Geographic Information System.** Physics and Chemistry of the Earth, v. 37-39, p. 2-9, 2012.

OLIVEIRA, T. B. de; GALVÃO JUNIOR, A. de C. **Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n.1, p. 55-64, 2016.

POLLARD, S. J. T.; SMITH, R.; LONGHURST, P. J.; EDULJEE G. H.; HALL, D. **Recent developments in the application of risk analysis to waste technologies.** Environment International, v. 32, p.1010 – 1020, 2006.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Turismo-SETUR. **Elaboração de estudo de viabilidade e de projeto básico e executivo para a construção de aterros sanitários: Produto 2b: escolha e caracterização das alternativas locais.** Aracaju, 2017. 157 p.

SERGIPE. Lei nº 5.857, de 22 de março de 2006. **Institui a Política Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** Diário Oficial do Estado, Aracaju, 28 de março de 2006.

DADOS DA AUTORA:

- Engenheira Ambiental graduada pela Universidade Tiradentes e Geóloga graduada pela Universidade Federal de Sergipe. Tem experiências nas áreas de mineração, recursos hídricos, com foco em hidrogeologia e na área de gestão ambiental e gestão de resíduos sólidos. Atualmente é mestranda em Engenharia e Ciências Ambientais na Universidade Federal de Sergipe e Engenheira Ambiental do Consórcio de Saneamento Básico do Baixo São Francisco Sergipano – CONBASF.