

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA - PPGEAS

**Proposta de processo decisório para reabilitação das
áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos
na Região Metropolitana de Goiânia**

Diógenes Aires de Melo

GOIÂNIA
2017

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS
DE TESES E
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

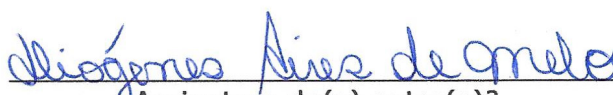
Nome completo do autor: Diógenes Aires de Melo

Título do trabalho: Proposta de processo decisório para a reabilitação das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia

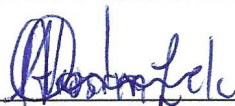
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM** ☐ **NÃO**¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 07 / 08 / 17

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

²A assinatura deve ser escaneada.

Diógenes Aires de Melo

Proposta de processo decisório para reabilitação das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Dr. Nilson Clementino Ferreira

Coorientador: Dr. Eraldo Henriques de Carvalho

GOIÂNIA
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

MELO, Diógenes Aires de
Proposta de processo decisório para reabilitação das áreas de
disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de
Goiânia [manuscrito] / Diógenes Aires de MELO. - 2017.
cclxiv, 264 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira; co-orientador Dr.
Eraldo Henriques de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Ambiental e Sanitária, Goiânia, 2017.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico,
tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Resíduos sólidos urbanos. 2. Reabilitação de áreas. 3. Região
Metropolitana de Goiânia. 4. Disposição final. 5. Processo decisório. I.
Ferreira, Nilson Clementino, orient. II. Título.

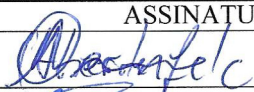
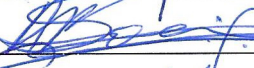
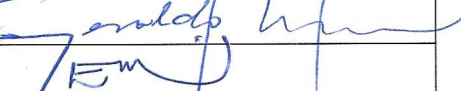
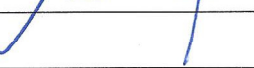
CDU 628

ATA DE DEFESA 02/2017

Mestrando: **DIÓGENES AIRES DE MELO**

Título da Dissertação: **“PROPOSTA DE PROCESSO DECISÓRIO PARA REABILITAÇÃO DAS ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA”.**

2. Comissão Examinadora: (PROFESSORES DOUTORES)

NOME	FUNÇÃO	ASSINATURA
Nilson Clementino Ferreira	Presidente/Orientador	
Alexandre Kepler Soares (PPGEAS)	Examinador Interno	
Geraldo Antônio Reichert (UCS)	Examinador Externo	
Eraldo Henriques de Carvalho (UFG)	Coorientador - convidado	
Paulo Sérgio Scalize (PPGEAS)	Supl. Exam. Interno	
Simone Costa Pfeiffer (UFG)	Supl. Exam. Externo	

3. Resultado:

A Banca Examinadora, em 26/06/2017, 09:00h, na E.E.C.A. - UFG, após o exame da Defesa da Dissertação e arguição do candidato, decidiu:

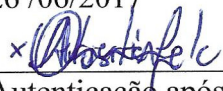
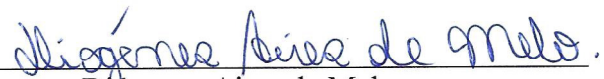
☒ Pela aprovação do candidato, condicionada a entrega do exemplar definitivo com as correções exigidas pela banca, no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, ficando o professor orientador responsável por atestar o cumprimento dessa exigência.

☐ Pela reprovação do candidato.

Preencher após reformulação:

☒ O aluno apresentou as modificações sugeridas e a dissertação foi aprovada;

☐ O aluno apresentou as modificações, porém, a dissertação não foi aprovada

Autenticação Presidente da Comissão Examinadora 26 / 06 / 2017  * 	Assinatura do candidato:  Diógenes Aires de Melo
Autenticação após reformulação Presidente da Comissão Examinadora 07 / 08 / 2017 * 	Coordenação do PPGEAS 07 / 08 / 2017

DEDICATÓRIA

*Ao Senhor Jesus Cristo, meu Deus e irmão mais velho,
obrigado pelo exemplo de ser humano e proteção total na
minha missão de vida.*

*Ao meu amigo e pai Hélder Gomes de Melo (in memoriam)
pelo orgulho que sempre teve para comigo.*

*À minha mãe Maria Aires Borba de Melo Macedo pelo amor,
carinho, cuidado, exemplo e dedicação de mãe única.*

*Ao meu irmão mais novo, o biomédico Diogo Aires de Melo e
à minha cunhada irmã Fernanda Seabra Luciano Aires.*

*Ao meu “paidrasto” José Antônio de Macedo pelo carinho e
amizade.*

*Ao meu avô Francisco Vieira Borba (in memoriam) pelo
exemplo de trabalho e dedicação à nossa família.*

*À minha querida segunda mãe, minha avó Luzimira Aires
Borba (in memoriam) que sempre esteve presente em todos os
momentos acreditando em nossa vocação.*

*Aos meus tios, tias, primos, primas das Famílias Aires Borba,
Gomes de Melo e Tassara por também torcerem e estarem
sempre presentes em cada luta, vitória e conquista.*

*À população da Região Metropolitana de Goiânia, terra de
onde nasci e vivo e que tenho dedicado meus estudos,
trabalhos e gratidão, como missão de vida.*

*Aos trabalhadores catadores de materiais recicláveis por
serem meus exemplos de superação e resiliência.*

À todos os meus amigos pela companhia e apoio.

AGRADECIMENTOS

Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir (Cora Coralina).

Agradeço primeiramente à Deus pelo presente da vida e pela provisão na minha saúde física, mental, emocional e espiritual.

Aos meus familiares, em especial à minha tia e madrinha Eni Rosa Aires Borba, pelo exemplo e apoio desde criança aos meus estudos e à minha carreira como engenheiro. Ao meu primo e compadre Raphael Vilela e minha amiga e nova prima Wanessa Nascimento.

À minha mãe por sempre cuidar bem de mim, com seu exemplo e dedicação, dando suporte para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Ao meu pai, que com seu orgulho me motivou a continuar a caminhada até mesmo sem ele fisicamente, mas sempre do meu lado.

À minha amiga mais que irmã Rúbia B. Vaz Freitas. Aos meus amigos Flávio Henrique Inácio Martins, Rosimária Barreto de Oliveira, Cristiano Homem, Gabriela Rosa Oliveira, Paula Fabrícia, Lorena Borges, Lorena Alves, Franklin Carvalho e demais que estiveram também presentes nesta fase.

Ao professor e meu orientador, o prof. Dr. Nilson Ferreira Clementino por acreditar no meu projeto e dar suporte para que ele fosse executado. Ao professor, coordenador e co-orientador, o prof. Dr. Eraldo Henriques de Carvalho por estar comigo academicamente desde o 3º Ano de Engenharia Civil, em 2.000, me orientando desde a iniciação científica, logo mais tarde na especialização em resíduos da UFG; pela didática no repasse de seu conhecimento e excelência no ensino; por servir-me de inspiração na resolução da problemática dos resíduos sólidos, área em que eu me apaixonei e identifiquei como vocação e missão. À sua esposa e amiga, a prof.^a Dra. Simone Costa Pfeiffer. Ao ex-coordenador Denilson Teixeira, à secretária Deuzélia Rosa e atual coordenador Joel Roberto Guimarães Vasco pelos vossos apoios na retomada ao Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária, após ter cursado 2 anos do antigo Mestrado em Engenharia de Meio Ambiente (2011-2013), o qual precisei interromper para a participação no nobre e renomado Programa de Intercâmbio Profissional e Acadêmico *Hubert H. Humphrey* nos Estados Unidos (2013-2014), promovido pelo Departamento de Estado desse país, o qual contribuiu imensamente para minha carreira e conclusão da presente pesquisa. Ao professor Dr. Luis Rodrigo F. Baumman (Instituto de Matemática e Estatística-UFG) pela instrução quanto à verificação da consistência das matrizes da Análise Hierárquica de Processos (AHP).

Ao amigo Érick Fellype Rodrigues da Silva, graduando em Engenharia Ambiental, pela ajuda na execução desta pesquisa, principalmente nas visitas técnicas aos aterros sanitários e lixões, e oportunidade de aprendizado ao permitir-me coorientá-lo juntamente com o prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira em sua iniciação científica.

Aos técnicos e gestores das Prefeituras Municipais da Região Metropolitana de Goiânia, pelo interesse pela pesquisa, pela colaboração, acesso às informações e parceria. Em especial à Denise G. Ferreira (Caldazinha), à Eliete Alves de Amorim (Bonfinópolis), ao eng. ambiental Germano Augusto de Oliveira (Bela Vista de Goiás e Hidrolândia), à fiscal Núbia (Abadia de Goiás), ao eng. ambiental Régis Inácio Borges e ao ex-aluno eng. ambiental Rhilkey Paulo H. de Lima e Silva (Aparecida de Goiânia), à fiscal Lara Silva Monteiro (Aragoiânia), à eng.^a agrônoma Fabíola Adaianne Oliveira e ao ex-coordenador do aterro Nelson Fernandes de Araújo (Goiânia/COMURG), aos catadores de materiais recicláveis de Goianira, ao ex-

secretário de meio ambiente John Wane José de Sousa (Guapó), ao eng. ambiental Odélio Faria Maia (Nerópolis), à Iraci Pereira de Souza (Santo Antônio de Goiás), ao eng. ambiental Wendel Carneiro e Danilo Adornelas (Senador Canedo/AMMATUR), ao eng. agrônomo Edilson de Almeida (Trindade e Abadia de Goiás) e aos demais técnicos, gestores, catadores de materiais recicláveis e operadores de máquinas dos municípios de Abadia de Goiás, Caturai, Inhumas e Nova Veneza.

À eng.^a ambiental Adjane Damasceno de Oliveira (SECIMA) e a meu colega, seu esposo, o eng. ambiental Ricardo Valadão de Carvalho pelo apoio e colaboração, e aos demais colegas de mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Meio Ambiente (PPGEMA) 2011 e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (PPGEAS) 2015 da UFG.

Aos meus colegas e amigos da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Habitação (Seplanh) da Prefeitura Municipal de Goiânia, do Plano Diretor de Goiânia, meu muito obrigado em fazer parte desta incomparável equipe. Em especial, ao ex-secretário Paulo César Pereira por ter gerado a oportunidade em assessorar a Seplanh nas questões ambientais da cidade. Às minhas ex-chefes e amigas, Janamaina Costa Bezerra de Azevedo e Simone do Nascimento Costa, pelo apoio nas atividades do mestrado. À minha amiga Alessandra Araújo pelo apoio geral.

Aos meus amigos da Sociedade Resíduo Zero, em especial ao biol. Giovane Toledo, à eng.^a ambiental Camila Batista, à arq.^a e urb.^a Mariângela Vinciguerra, à eng.^a agrônoma Fabíola Adaianne Oliveira, ao gestor ambiental Alex Araújo, ao eng. civil Guilherme Dalagnol, à enf.^a Orcélia Sales, ao adm. Tales Martins, ao eng. agrônomo Daniel Martins (*in memoriam*), à graduanda em engenharia civil Karine Roriz, à ex-aluna e eng.^a ambiental Rosemary Guadalupe, à minha amiga Sumaya Silva Antunes, à jorn. Fabiana Vaz, ao jorn. Rodolfo Cardoso, à biol.^a Raquel Ferreira Pires, à artista circense e produtora cultural Radarani Santos Oliveira, à eng.^a ambiental e sanitária Marta Brito, à minha amiga artesã Célia Reis, ao eng. amb. Ramon Brito, e aos demais membros, que me acompanharam nesse período e vêm contribuindo com a realização de outro sonho em deixar um legado à nossa sociedade: a missão de desenvolver um mundo sem lixo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela bolsa de estudo concedida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Meio Ambiente a qual deu suporte à pesquisa.

À Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFG por ser a minha casa desde 1998, quando entrei e me graduei no curso de Engenharia Civil (2002), pela oportunidade na conclusão dos cursos de especialização em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos e Líquidos (CERSOL/2003) e Engenharia de Segurança do Trabalho (2009), e por hoje fazer parte do Núcleo de Resíduos Sólidos e Líquidos da EECA/UFG como pesquisador e professor convidado do CERSOL desde 2009.

Ao Departamento de Estado dos EUA, ao *International Institute of Education* (IIE) e *Humphrey Program* na pessoa da Kristina Jenkins e todos *alumni*; à Universidade de Montana in Missoula, nas pessoas do Paulo Zagalo de Melo, Sandra Janush, Ariel Barret, Sara Smith, Ginny Wright Therriault, Daniel e Rebekah Webb e Dan Spencer (*my host families in Missoula*), Peter Beker, Josh Rosenberger; à Universidade da Califórnia in Davis (UCDavis) na pessoa do professor PhD. Mark Bell, Director Nikki Grey Rutamu e da Sasha Ferreira; aos amigos da Califórnia Akemi e Guy Turner (*my host Family in Davis*), à *Environmental Protection Agency in Califórnia* e *Department of Recycle, Resources and Recovery (CalRecycle)* nas pessoas de Aimee Johnstone, Mark DeBie, Paulino Luna, Ken Decio, Reinhard Hohlwein, Kathleen

Strickley, Robert Holmes (*in memoriam*) e à Comissão Fulbright do Brasil. À todos da Embaixada do Brasil nos EUA, na pessoa do então embaixador Mauro Vieira. À Embaixada dos EUA no Brasil, e aos amigos Marion Lange, Walter Kerr, Luciana Santos, Adelle Gillen e demais. À equipe e aos *alumni* da *United States and Brazil Exchange Alumni* (USBEA).

“[...] impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, tampouco conhecer o todo sem conhecer, particularmente, as partes.”

Blaise Pascal

RESUMO

MELO, D.A. **Proposta de processo decisório para reabilitação das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

Uma das grandes preocupações com os resíduos sólidos urbanos (RSU) é o risco de degradação das áreas de disposição final (ADF), visto que muitos aterros instalados como sanitários, em Goiás, voltaram à condição de lixão (MP-GO, 2012) e porque as normas técnicas não adotam os conceitos mais recentes de geotecnia ambiental (JUCÁ, 2003). É preciso avaliar as ADF de RSU e estabelecer os critérios de priorização para reabilitação a fim de se decidir acerca do futuro das mesmas. A pesquisa objetivou a proposição de um processo decisório multicriterial para a reabilitação de áreas de disposição final de RSU na Região Metropolitana de Goiânia (RMG). A RMG, composta por 20 municípios, foi escolhida por ser responsável pela geração de 46,85 % do total de 4.088,23 t/dia de RSU de Goiás (SECIMA, 2014b). Foram realizadas 3 avaliações nas 20 áreas: avaliação da qualidade da disposição final, por meio do Índice de Qualidade de Aterros (IQA) (FARIA, 2002); avaliação da vulnerabilidade ambiental, com a elaboração de mapa síntese integrando os fatores *Topographic Wetness Index* (TWI) e *Length Slope* (LS), a profundidade do lençol freático e o mapa de solos; e a avaliação da restrição legal de uso das áreas conforme Resolução Nº 5/2014 do Conselho Estadual do Meio Ambiente. As avaliações mostraram que apenas as 4 ADF, de Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Trindade e Senador Canedo, obtiveram IQA maiores que 8,01 e foram consideradas como aterros sanitários. A maioria das áreas possuem moderada vulnerabilidade e as demais variam de muito baixa a baixa. Somente 4 estão livres de restrição legal: Inhumas, Bonfinópolis, Bela Vista de Goiás e Hidrolândia; 2 estão sujeitas à anuência: Santo Antônio de Goiás e Brazabrantes; e as 14 restantes são áreas restritas. A partir da estruturação hierárquica dos 3 critérios de avaliação combinados e ponderados sobre cada uma das 20 áreas-alternativas, foi procedida a Análise Hierárquica de Processos (AHP) a qual ordenou Guapó como a mais prioritária e por último Hidrolândia. A decisão do futuro de cada área indicou em ordem crescente que 14 ADF: Guapó, Caldazinha, Nova Veneza, Caturai, Nerópolis, Aparecida de Goiânia, Trindade, Senador Canedo, Goianira, Goianópolis, Terezópolis de Goiás, Aragoiânia, Abadia de Goiás e Goiânia, devem ser encerradas e recuperadas. Já as ADF de Santo Antônio de Goiás, Brazabrantes, Inhumas, Bonfinópolis e Hidrolândia poderão continuar dispondo resíduos desde que elaborados e aprovados projetos de adequação em aterros sanitários conforme determinações do respectivo Órgão Ambiental. Já a ADF de Bela Vista de Goiás poderá continuar como aterro sanitário. Por fim, foram indicados cenários possíveis para a disposição final futura dos RSU da RMG por meio de envio preferencial a 4 aterros compartilhados apontados pelo Plano Estadual de Resíduos Sólidos, aterro privado ou instalação de aterros por vala para municípios com geração menor que 10 t/dia, juntamente com a busca de novas soluções de destinação final. Concluiu-se que nem toda ADF considerada aterro sanitário, pode continuar suas atividades devido à fragilidade ambiental da área e ao não atendimento das restrições impostas pela legislação.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Reabilitação de áreas. Região Metropolitana de Goiânia. Disposição final. Processo decisório.

ABSTRACT

MELO, D.A. **Proposal of decision-making for land rehabilitation of final disposal of municipal solid wastes in the Metropolitan Region of Goiânia, Brazil.** Dissertation (Master Degree in Sanitary and Environmental Engineering) – School of Civil and Environmental Engineering, Federal University of Goiás State, Goiânia, Brazil, 2017.

One of the biggest concerns with municipal solid wastes (MSW) is the risk of degradation of final disposal areas (FDA), since many landfills installed as sanitariums, in Goiás State, Brazil, returned to the condition of illegal dump sites (MP-GO, 2012), and because the technical standards don't adopt the newest concept of environmental geotechnics (JUCÁ, 2003). It's necessary evaluate the FDA of MSW and establish the prioritization criterias for the rehabilitation in order to decide about their future. The research aimed the proposition of a multicriteria decision process for the rehabilitation of FDA of MSW in the Metropolitan Region of Goiânia (MRG). The MRG, composed by 20 municipalities, was chosen because it's responsible for the generation of 46.85 % of the total of 4,088.23 tonnes/day of MSW of Goiás State (SECIMA, 2014b). Three evaluations were carried out in 20 areas: quality evaluation of final disposal, through Landfill Quality Index (LQI) (FARIA, 2002); evaluation of environmental vulnerability, with the elaboration of synthesis map, integrating Topographic Wetness Index (TWI), Length Slope (LS), Water Table and Soils; and the evaluation of legal restriction of the area uses according with Resolution N° 5/2014 of Environmental State Council. The evaluations showed only 4 FDA of Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Trindade and Senador Canedo Counties obtained LQI greater than 8.01 and they were considered as a sanitary landfills. Most areas has moderate vulnerability and the other areas range between low and very low. Only 4 areas are free of legal restriction of use: Inhumas, Bonfinópolis, Bela Vista de Goiás and Hidrolândia; 2 are subject to agreement: Santo Antônio de Goiás and Brazabrantes; and the other 14 are restricted areas. From the hierarchical structure of the 3 combined and weighted evaluation criteria for each of the 20 alternative-areas, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was performed, which ordered Guapo as the most priority and lastly, Hydrolândia County. The decision about the future of each area indicates in ascending order that the following 14 FDA: Guapó, Caldazinha, Nova Veneza, Caturai, Nerópolis, Aparecida de Goiânia, Trindade, Senador Canedo, Goianira, Goianópolis, Terezópolis de Goiás, Aragoiânia, Abadia de Goiás e Goiânia, should to be closed and recovered. On the other hand, the FDA's of Santo Antônio de Goiás, Brazabrantes, Inhumas, Bonfinópolis and Hidrolândia may continue to dispose their wastes since the elaboration and approval of sanitary landfill projects, as determined by the respective Environmental Agency. The FDA of Bela Vista de Goiás will be able to continue as a sanitary landfill. Finally, possible scenarios were indicated for the final disposal future of the MSW of MRG by sending preferably to the 4 shared landfills pointed by the Solid Waste State Plan, private landfill or manual trench landfill for counties with the generation less than 10 tonnes/day, together with the search of new solutions for final destination. It was concluded that not all landfill considered sanitary can continue its activities due to the environmental fragility of the area and non-compliance with the restrictions imposed by the legislation.

Keywords: Municipal solid waste. Land rehabilitation. Metropolitan Region of Goiania. Final disposal. Decision-making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Inversão da hierarquia de gestão dos resíduos sólidos do descarte para a prevenção	39
Figura 2 - Distribuição espacial da estimativa de geração de RSU na RMG.....	47
Figura 3 - Localização das ADF de RSU em relação às bacias de captação de água na RMG	48
Figura 4 - Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do aglomerado urbano de Goiânia	49
Figura 5 - Mapa de restrição legal de uso para instalação de aterros sanitários de RSU na RMG	50
Figura 6 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Trindade para a Região Metropolitana de Goiânia.....	53
Figura 7 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Anápolis para a Região Centro Goiano	54
Figura 8 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Aparecida de Goiânia para a RMG	55
Figura 9 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Itaberaí para a Região Noroeste Goiano	56
Figura 10 – Lixão de Gramacho - Duque de Caxias – RJ	57
Figura 11 – Lixão da Estrutural em Brasília-DF	57
Figura 12 - Abertura de valas estreitas e compridas, com acúmulo de terras apenas em um dos lados.....	59
Figura 13 – Os resíduos são descarregados em um único ponto de vala, até que esteja totalmente preenchido.	59
Figura 14 – Cobertura e nivelamento de valas.	59
Figura 15 - Descarga e recobrimento de resíduo em aterro por vala.....	59
Figura 16 - Aterro de Palmeira (PR) do tipo trincheira.....	64
Figura 18 – Aterro Sanitário de Maceió – AL.....	65
Figura 19 - Perfil esquemático de um aterro sanitário.....	66
Figura 20 - Seção transversal final típica de um aterro sanitário	73

Figura 21 - Desenho esquemático em corte da camada de impermeabilização para um aterro classe II-A.....	75
Figura 22 - Aplicação de manta PEAD para impermeabilização inferior e lateral	75
Figura 23 - Impermeabilização superior do aterro sanitário da CTR-PE.....	75
Figura 24 - Detalhamento da rede de drenos de lixiviado de um aterro sanitário.....	77
Figura 25 - Foto do dreno de biogás de aterro sanitário.....	78
Figura 26 - Drenagem pluvial definitiva em aterro sanitário	79
Figura 27 - Drenagem pluvial definitiva em aterro sanitário	79
Figura 28 – Foto do <i>flaire</i> para biogás de aterro sanitário.....	81
Figura 29 - Curva de geração de biogás ao longo da vida útil do aterro de Três Corações.	82
Figura 30 – Estação de tratamento de efluentes da Central de Tratamento de Resíduos CTR-Pernambuco	83
Figura 31 – Fluxograma de tratamento do lixiviado na CTE-Pernambuco.....	84
Figura 32 – Amostras das classificações do resíduo tratado na ETE.	85
Figura 33 - Caminhão pipa irrigando área de aterro para controle de Poeira.....	86
Figura 34 - Detalhamento do poço de monitoramento de águas subterrâneas	90
Figura 35 - Modelo geoquímico conceitual de uma pluma em zonas contaminantes.....	90
Figura 36 - Monitoramento geotécnico por marcos superficiais.....	92
Figura 37 - Seção transversal recomendada para um aterro sanitário superficial	93
Figura 38 – Trator de esteiras D6	94
Figura 39 – Aterro Vila Albertina	95
Figura 40 – Aterro Pulau Semakau, Cingapura.....	95
Figura 41 - Fluxograma de decisão sobre o futuro da disposição final de resíduos sólidos do município.....	103
Figura 42 - Exemplo de camadas temáticas suportadas em programas de SIG.	105
Figura 44 –Estrutura hierárquica simples do Método AHP	121
Figura 45 - Funcionamento geral do método de Análise Hierárquica de Processos (AHP) ..	122
Figura 46 – Fluxograma metodológico adotado na proposta de processo decisório para reabilitação das ADF de RSU na RMG.....	127

Figura 47 - Mapa de localização dos municípios das áreas de estudo na Região Metropolitana de Goiânia.....	129
Figura 48 - Fluxograma de coleta de dados para o preenchimento do IQA das ADF de RSU da RMG	134
Figura 49 - Mapa de localização das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia (2017)	156
Figura 50 - Mapa da situação da disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Goiânia segundo os IQA (2016)	158
Figura 51 - Área de disposição final de RSU de Senador Canedo	159
Figura 52 - Área de disposição final de RSU de Aparecida de Goiânia	159
Figura 53 - Área de disposição final de RSU de Trindade.....	160
Figura 54 – Área de disposição final de RSU de Bela Vista de Goiás.....	160
Figura 55- Área de disposição final de RSU de Aragoiânia	162
Figura 56– Área de disposição final de RSU de Caldazinha.....	162
Figura 57 - Área de disposição final de RSU de Guapó.....	163
Figura 58 – Área de disposição final de RSU de Brazabrantes.....	163
Figura 59 - Área de disposição final de RSU de Bonfinópolis	163
Figura 60 – Área de disposição final de RSU de Caturai.....	163
Figura 61 - Área de disposição final de RSU de Goianópolis	164
Figura 62 – Área de disposição final de RSU de Goianira.....	164
Figura 63 - Área de disposição final de RSU de Inhumas.....	164
Figura 64 – Área de disposição final de RSU de Nerópolis.....	164
Figura 65 - Área de disposição final de RSU de Nova Veneza.....	164
Figura 66 – Área de disposição final de RSU de Santo Antônio de Goiás	164
Figura 67 - Área de disposição final de RSU de Terezópolis	165
Figura 68 – Área de disposição final de RSU de Abadia de Goiás	165
Figura 69 - Área de disposição final de RSU de Hidrolândia	165
Figura 70 – Área de disposição final de RSU de Goiânia.....	166
Figura 71 – Mapa do Fator TWI da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016).....	167

Figura 72 – Mapa Temático do Fator LS da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016).....	169
Figura 73 - Mapa Temático do Fator LF da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016).....	171
Figura 74 - Mapa Temático de Solos da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016).....	173
Figura 75 - Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016)	175
Figura 76 - Mapa de Restrições Legais de Uso na Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016).....	177
Figura 77 – Domicílios rurais a menos de 500 m da ADF de Caldazinha	179
Figura 78 – Núcleo populacional urbano a menos de 500 m e de 3 km da ADF de Guapó ..	179
Figura 79 – Estrutura hierárquica para priorização das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Goiânia quanto à necessidade de reabilitação (2017)	180
Figura 80 - Aplicação do fluxograma de decisões sobre a disposição final dos RSU dos municípios da RMG	198
Figura 81 - Possíveis cenários de reabilitação das áreas de disposição final adequada de RSU na RMG com a combinação de alternativas	200
Figura 82 - Foto aérea da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos de Goiânia (2016)	229
Figura 83 - Linha de transmissão de energia elétrica de alta tensão passando no meio do terreno e maciço da ADF de RSU de Goiânia.	231
Figura 84 – Estruturas de apoio: balança e posto de combustível na ADF de RSU de Goiânia	232
Figura 85 – Descarga de resíduos e acesso dos caminhões à frente de trabalho na ADF de RSU de Goiânia.....	232
Figura 86 – Lagoa anaeróbia da ETE da ADF de RSU e transporte de lixiviado para a ETE Goiânia por caminhão do tipo pipa.	233
Figura 87 – Abertura de dreno provisório de águas pluviais na ADF de RSU de Goiânia....	234

Figura 88 – Drenagem de gases e detalhamento dos drenos verticais na ADF de RSU de Goiânia	234
Figura 89 – <i>Flare</i> desativado na ADF de RSU de Goiânia	235
Figura 90 – Poço de monitoramento de águas subterrâneas da ADF de RSU de Goiânia	235
Figura 91 – Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais da ADF de RSU de Goiânia.	236
Figura 92 – Medidor de vazão de lixiviado do tipo calha parshall na ADF de RSU de Goiânia.	236
Figura 93 – Foto aérea da ADF de RSU de Goiânia com previsão de ampliação por mais 15 anos (COMURG, 2015a).....	238

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Normas técnicas brasileiras relacionadas à disposição final de RSU	39
Quadro 2 – Arcabouço legal envolvendo a disposição final de RSU no Brasil e em Goiás	40
Quadro 3 - Situação do licenciamento ambiental das ADF de RSU da RMG segundo a SECIMA (2015b)	43
Quadro 4 – Institucionalização de consórcios e compartilhamento de aterros na RMG.....	52
Quadro 5 - Algumas características de diferentes modalidades de aterros sanitário de pequeno porte para RSU	58
Quadro 6 – Considerações técnicas na seleção de área para instalação de aterro de RSU	61
Quadro 7 - Dimensões da célula diária em função da quantidade de resíduos aterrados.....	74
Quadro 8 - Critérios para a dispensa de impermeabilização complementar	76
Quadro 9 - Plano sugestivo de monitoramento ambiental de aterros sanitários.....	89
Quadro 10 - Frequência da amostragem (Diretriz 1999/31/CE)	91
Quadro 11 - Parâmetros de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais.	92
Quadro 12 - Índices de avaliação de aterros utilizados no Brasil e no mundo.....	99
Quadro 13 - Resultado da avaliação de aterros de RSU, de acordo com o índice IQA	101
Quadro 14 – Escala de julgamento de Saaty	122
Quadro 15 - Sub-item proximidade de corpos d'água – segundo o IQA (FARIA, 2002) adaptado à Resolução CEMAm N° 5/2014.....	136
Quadro 16 – Sub-item profundidade do lençol freático – segundo o IQA (FARIA, 2002) adaptado à Resolução CEMAm N° 5/2014.	136
Quadro 17 - Resultado da avaliação das áreas de disposição final de RSU, de acordo com o índice IQA adaptado à Lei 12.305/2010.....	137
Quadro 18 – Classificação do Fator TWI em função do número de pixels e fator de comparação na RMG	141
Quadro 19 - Classificação do Fator LS em função do número de pixels e fator de comparação na RMG.	142
Quadro 20 - Classificação do Fator LF em função da faixa de profundidade e fator de comparação na RMG.	142

Quadro 21 – Coeficiente de infiltração por tipo de solo	144
Quadro 22 - Coeficiente de infiltração adotados para o solo da RMG.....	144
Quadro 23 - Classificação do solo em função da coeficiente de infiltração e fator de comparação na RMG.	144
Quadro 24 - Vulnerabilidade ambiental da RMG em função do fator de comparação entre os mapas temáticos.....	145
Quadro 25 - Localização das áreas de disposição final de RSU da Região Metropolitana de Goiânia	155
Quadro 26 - Ordem de prioridade de reabilitação ambiental das ADF de RSU da RMG segundo o vetor de prioridades globais do método AHP.....	187
Quadro 27 – Ranqueamentos das ADF de RSU da RMG com relação à prioridade de reabilitação ambiental obtidos em diferentes AHP a partir da variação do peso dos critérios e valores das alternativas	190
Quadro 28 - Matriz de Comparação Paritária e Vetor de Prioridades Locais dos critérios ...	192
Quadro 29 - Ranqueamentos das ADF de RSU da RMG com relação à prioridade de reabilitação ambiental obtidos em diferentes AHP a partir da variação do peso dos critérios C_{QDF} e C_{VUL} e valores das alternativas	194
Quadro 30 - Ordem de prioridade global adotada para as 20 ADF de RSU da RMG quanto à necessidade de reabilitação ambiental.	196
Quadro 31 – Indicação de cenário possível de reabilitação das ADF de RSU e o futuro da disposição final de RSU para cada município da RMG.	202
Quadro 32 – Metas de reabilitação de áreas de lixões para a Região Centro-oeste, segundo o PLANARES	203
Quadro 33 – Prazo das metas para reabilitação das áreas de disposição final de RSU na RMG	204

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do IQR-Nova Proposta nos municípios do estado de São Paulo.....	45
Tabela 2 - Valores do Número Randômico NR para ordem n de matriz de comparação	125
Tabela 3 – Valores adotados para os resultados da avaliação do critério de vulnerabilidade ambiental	149
Tabela 4 – Valores adotados para os resultados da avaliação do critério de restrição legal ..	149
Tabela 5 - Avaliação da qualidade da disposição final de RSU nos municípios da RMG a partir dos valores dos IQA (2017).....	157
Tabela 6 – Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à classe do Fator TWI e classe do Fator TWI para cada ADF de RSU	168
Tabela 7 – Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à classe do Fator LS e classe do Fator LS para cada ADF de RSU	170
Tabela 8 - Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à classe do Fator LF e classe do Fator LF para cada ADF de RSU	172
Tabela 9 - Quantificação das áreas dos municípios e das ADF de RSU da RMG quanto à classe de solos.	174
Tabela 10 - Quantificação das áreas dos municípios e das ADF de RSU da RMG quanto à vulnerabilidade ambiental	176
Tabela 11 - Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à restrição legal de uso como ADF de RSUFonte: Autor (2017)	178
Tabela 12 – Matriz de Comparação Paritária e Vetor de Prioridades Locais dos Critérios...	181
Tabela 13 – Matriz de valores das alternativas para os 3 critérios de avaliação em diferentes escalas.....	182
Tabela 14 – Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Qualidade da Disposição Final	183
Tabela 15 – Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Vulnerabilidade Ambiental	184
Tabela 16 – Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Restrição Legal	185
Tabela 17 – Matriz de vetores prioridades locais e globais.....	186
Tabela 18 - Matriz de vetores prioridades locais e globais	192

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AD	- agente de decisão
ADF	- área de disposição final
ADM	- Análise de Decisão Multicriterial
AHP	- Análise Hierárquica de Processos
APA	- Área de Proteção Ambiental
APP	- Área de Preservação Permanente
AUG	- Aglomerado Urbano de Goiânia
ASPP	- aterro sanitário de pequeno porte
CEMAm	- Conselho Estadual do Meio Ambiente de Goiás
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH ₄	- metano
CODEMETRO	- Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Goiânia
COMLURB	- Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro
COMURG	- Companhia de Urbanização de Goiânia
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO ₂	- gás carbônico
CTR	- Controle/Certificado/Certidão de Transporte de Resíduos
d	- dia
DBO	- demanda bioquímica de oxigênio
DQO	- demanda química de oxigênio
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
EPA	- <i>Environmental Protection Agency</i>
EPC	- equipamento de proteção coletiva
EPI	- equipamento de proteção individual
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
FECOP	- Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição
FNMA	- Fundo Nacional do Meio Ambiente
FPIC	- funções públicas de interesse comum
FUNASA	- Fundação Nacional de Saúde
g	- grama

GIRS	- gestão integrada de resíduos sólidos
hab	- habitante
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	- Índice de consistência
IMB	- Instituto Mauro Borges
INEA	- Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
IQA	- Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos
IR	- índice randômico
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
k	- quilo
LEMA	- Laboratório de Estudos e Monitoramento Ambiental
l	- litro
LF	- profundidade do lençol freático
LPNRS	- Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos
<i>LS Factor</i>	- fator de comprimento e declividade da rampa
m	- metro
mm	- milímetros
m ²	- metros quadrados
m ³	- metros cúbicos
M	- mega
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
NEPA	- National Environment Protection Act
NH ₄	- amônia
OCA	- Órgão de Controle Ambiental
OCAE	- Órgãos de Controle Ambiental Estadual
OD	- oxigênio dissolvido
OHSAS	- <i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i>
PDI	- Plano de Desenvolvimento Integrado
PEAD	- polietileno de alta densidade
PERS-GO	- Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás
PLANARES	- Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PMI	- procedimento de manifestação de interesse
PMGIRS	- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMSB	- Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	- Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PRAD	- Plano de Recuperação de Área Degradada
RAD	- reabilitação de áreas degradadas
RIMA	- Relatório de Impacto Ambiental
RMG	- Região Metropolitana de Goiânia
RCC	- resíduos sólidos da construção civil
RSI	- resíduos sólidos industriais
RSU	- resíduos sólidos urbanos
RSS	- resíduos sólidos dos serviços de saúde
RT	- responsável técnico(a)
SCN	- Sistema Cartográfico Nacional
SDF	- sistema de disposição final
SGA	- Sistema de Gestão Ambiental
SECIMA	- Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás
SEMARH	- Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
SGB	- Sistema Geodésico Brasileiro
SICAM	- Secretaria de Estado de Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos
SIEG	- Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás
SIG	- Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	- Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SNIS	- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SRTM	- <i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
t	- tonelada
TAC	- Termo de Ajustamento de Conduta
TWI	- Índice de Saturação do Solo ou Índice de Umidade Topográfica
UC	- Unidade de Conservação
UFG	- Universidade Federal de Goiás
USLE	- <i>Universal Soil Loss Equation</i>
W	- watts

LISTA DE SÍMBOLOS

a	- elemento da matriz
a	- área de captação específica
A_{QDF}	- matriz do critério de qualidade da disposição final
A_{RES}	- matriz do critério de restrição legal de uso
A_{VUL}	- matriz do critério de vulnerabilidade ambiental
C_{QDF}	- critério de qualidade da disposição final
C_{RES}	- critério de restrição legal de uso
C_{VUL}	- critério de vulnerabilidade ambiental
d'	- declividade
i	- linha
j	- coluna
NR	- número randômico
S	- inclinação do terreno
T	- vetor de prioridades locais normalizadas
w	- vetor coluna formado pela somatória dos valores de cada coluna da matriz paritária
W_i	- autovetor não normalizado
$\lambda_{\max}$	autovalor máximo
λ	- comprimento de ramp
Σ	- somatório

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
2	OBJETIVOS	34
2.1	OBJETIVO GERAL.....	34
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	35
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	35
3.2	ASPECTOS DE GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RSU	38
3.2.1	Normas técnicas	39
3.2.2	Arcabouço legal	40
3.2.3	Planejamento nos âmbitos federal, estadual e metropolitano	41
3.2.4	Licenciamento ambiental.....	42
3.2.5	Gestão regionalizada dos resíduos sólidos.....	44
3.2.5.1	Estado de São Paulo: Inventário Anual de RSU e avaliação de aterros.....	44
3.2.5.2	Minas Gerais na erradicação dos lixões	45
3.3	DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU NA RMG	46
3.3.1	Aspectos geográficos das ADF de RSU da RMG.....	48
3.3.2	Situação dos consórcios de resíduos sólidos na RMG	51
3.3.3	Proposta de compartilhamento de aterros de RSU na RMG	52
3.4	FORMAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU.....	57
3.4.1	Disposição final inadequada	57
3.4.1.1	Lixão ou aterro controlado	57
3.4.2	Disposição final adequada	58
3.4.2.1	Aterro sanitário.....	58
3.4.2.2	Aterro sanitário de pequeno porte	58
3.5	ATERRO SANITÁRIO.....	60
3.5.1	Características físicas das áreas de disposição final de RSU.....	60
3.5.1.1	Capacidade de suporte.....	62
3.5.1.2	Disponibilidade de material para recobrimento	63
3.5.1.3	Qualidade do material para recobrimento.....	63
3.5.2	Tipos de método construtivo.....	63

3.5.2.1	Aterros por trincheira	64
3.5.2.2	Aterros por área	64
3.5.2.3	Aterros por rampa.....	65
3.5.3	Concepção e projeto	66
3.5.4	Infraestrutura e demais aspectos de um aterro sanitário de RSU.....	66
3.5.4.1	Pessoal	66
3.5.4.2	Instalações de apoio	67
3.5.4.3	Instalações estruturais	72
3.5.4.4	Controle operacional	79
3.5.4.5	Controle ambiental	81
3.5.4.6	Monitoramento ambiental	87
3.5.4.7	Equipamentos	93
3.5.4.1	Registro dos dados gerais do aterro.....	94
3.5.4.2	Plano de fechamento	95
3.5.4.3	Uso futuro pós-encerramento	95
3.6	AVALIAÇÃO DE ATERROS COM USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE....	96
3.6.1	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQA	100
3.6.1.1	Características do local.....	101
3.6.1.2	Infraestrutura implantada	102
3.6.1.3	Condições operacionais.....	102
3.6.2	Decisão sobre o futuro da disposição final de RSU no município.....	102
3.7	USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE AMBIENTAL	103
3.8	ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL	105
3.8.1	Solos	107
3.8.2	Índice de Saturação do Solo ou Índice de Umidade Topográfica (TWI) ..	109
3.8.3	Fator Topográfico ou Comprimento da Declividade (LS).....	110
3.8.4	Profundidade do lençol freático (LF)	111
3.9	REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESÍDUOS SÓLIDOS	112
3.9.1	Readequação do lixão em aterro sanitário	113
3.9.2	Desativação e recuperação.....	115
3.9.2.1	Remoção dos resíduos.....	115
3.9.2.2	Recuperação simples	116

3.9.2.3	Recuperação parcial	117
3.9.3	Remediação	117
3.9.4	Uso futuro da área reabilitada	118
3.10	ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITERIAL	119
3.10.1	Análise Hierárquica de Processos (AHP)	120
4	MATERIAIS E MÉTODOS	127
4.1	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	128
4.2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA RMG	130
4.2.1	Escolha do Índice IQA para a Região Metropolitana de Goiânia	130
4.2.2	Coleta de dados para aplicação do IQA nas ADF da RMG	133
4.2.3	Aplicação e adaptação do IQA para a RMG	135
4.3	AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS ÁREAS	138
4.3.1	Coleta de dados georeferenciados da RMG	138
4.3.2	Mapa do Fator TWI	140
4.3.3	Mapa do Fator LS	141
4.3.4	Mapa da profundidade do lençol freático (LF)	142
4.3.5	Mapa de solos	142
4.3.6	Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental	144
4.4	AVALIAÇÃO DA RESTRIÇÃO LEGAL DE USO DAS ÁREAS	145
4.4.1	Elaboração do Mapa de Restrição Legal de Uso das ADF de RSU na RMG	145
4.5	ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA REABILITAÇÃO DAS ATUAIS ÁREAS	146
4.5.1	Estruturação hierárquica para reabilitação das ADF de RSU da RMG ..	146
4.5.1.1	Meta a ser alcançada	146
4.5.1.2	CrITÉRIOS de avaliação considerados	146
4.5.1.3	Definição das alternativas	147
4.5.2	Determinação das prioridades locais	147
4.5.2.1	Determinação das prioridades locais dos critérios de avaliação	147
4.5.2.2	Determinação das prioridades locais das alternativas	148
4.5.2.3	Verificação da consistência das matrizes de comparação paritária.....	150
4.5.3	Determinação das prioridades globais.....	151

4.5.4	Priorização adotada para as alternativas.....	151
4.5.4.1	Análise de sensibilidade	151
4.5.4.2	Tomada de decisão final.....	152
4.6	DECISÃO SOBRE O FUTURO DAS ÁREAS DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NA RMG.....	152
4.6.1	Estabelecimento do processo decisório acerca do futuro da disposição final de RSU.	153
4.6.2	Estabelecimento de cenários para reabilitação das áreas de disposição final de RSU.	153
4.6.3	Indicação de cenário possível para cada ADF	154
4.6.4	Definição de metas para a consolidação dos cenários	154
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	155
5.1	LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	155
5.2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU DA RMG	156
5.2.1	Considerações acerca das ADF adequadas – aterros sanitários	159
5.2.2	Considerações acerca das ADF inadequadas – lixões	161
5.3	AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTALDAS ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU DA RMG.....	166
5.3.1	Avaliação quanto ao Fator TWI.....	166
5.3.2	Avaliação quanto ao Fator LS.....	168
5.3.3	Avaliação quanto ao Fator LF – profundidade do lençol freático.....	171
5.3.4	Avaliação quanto à permeabilidade do solo.....	173
5.3.5	Avaliação da vulnerabilidade ambiental	175
5.4	AVALIAÇÃO DA RESTRIÇÃO LEGAL DE USO DAS ÁREAS.....	177
5.5	ANÁLISE HIERÁRQUICA DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS DE REABILITAÇÃO.....	179
5.5.1	Estrutura hierárquica para priorização das áreas.....	180
5.5.2	Prioridades locais.....	180
5.5.2.1	Prioridades locais dos critérios de avaliação.....	180
5.5.2.2	Prioridades locais das alternativas.....	181
5.5.2.3	Verificação da consistência.....	186
5.5.3	Prioridades globais	186

5.5.4	Priorização adotada para as alternativas.....	188
5.5.4.1	Análise de sensibilidade	188
5.5.4.2	Tomada de decisão: prioridades globais adotadas	195
5.6	DECISÃO SOBRE O FUTURO DAS ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU DA RMG.....	196
5.6.1	Processo decisório acerca do futuro das áreas de disposição final de RSU	197
5.6.2	Cenários de reabilitação das áreas de disposição final adequada de RSU	199
5.6.3	Cenário possível indicado para cada ADF	201
5.6.4	Metas para a consolidação dos cenários.....	203
6	CONCLUSÕES.....	206
7	REFERÊNCIAS	210
8	ANEXOS	226
9	APÊNDICES	227

1 INTRODUÇÃO

Dentre as várias tecnologias de destinação final de resíduos sólidos urbanos (RSU), a mais utilizada é o aterro sanitário, por ser mais prático e menos oneroso. A adoção dessa tecnologia se tornou a meta mais importante a ser alcançada por vários países (JUCÁ, 2003; LOUREIRO, 2005), incluindo países desenvolvidos como os Estados Unidos (USEPA, 2011), países em desenvolvimento, da União Européia, como a Sérvia (VASILJEVIĆ, 2012), dentre outros.

Na Europa, em 2013, apesar de cerca de 43 % dos RSU terem sido recuperados via reciclagem e compostagem e pouco mais de 30 % terem ido para aterros sanitários, ainda existem países que encaminham para a disposição final mais de 95%, como a Romênia, e mais de 80 % como Croácia, Grécia, Letônia e Malta (EUROSTAT, 2015). Enquanto que no Brasil, em 2008, cerca de 97,6 % dos seus RSU tiveram a disposição final em aterros sanitários e controlados, lixões e vazadouros em áreas alagadas como destino final (IPEA, 2012). Em 2015, do total de 198.750 t/dia de RSU enviados para a disposição final, 58,7% foram enviados a aterros sanitários (ABRELPE, 2016).

Contudo, mesmo existindo a necessidade de implantação de aterros sanitários de rejeitos (BRASIL, 2010), a sua adoção traz uma série de preocupações. Primeiramente com relação à necessidade de uma seleção adequada de áreas para a instalação dentro dos critérios normativos (ABNT, 1992; 1997; 2010) e legais. No entanto, alguns fenômenos dificultam a seleção de áreas ideais, tais como: o aumento do valor da terra, o efeito NIMBY (*not in my back yard*) e a escassez de áreas apropriadas e próximas aos centros geradores, principalmente, nas regiões metropolitanas. Em Nova Iorque, por exemplo, o Aterro Sanitário de Fresh Kills foi encerrado em 2001, tendo entre 11 e 12 mil t/dia de resíduos transportados para aterros a quase 500 km, nos estados vizinhos de Nova Jersey, Pensilvânia e Virgínia (BROWN, 2009).

Em segundo lugar, é preciso considerar que as normas brasileiras não adotam os conceitos mais recentes de geotécnica ambiental (JUCÁ, 2003).

Outro grande inconveniente é o abandono das áreas, originalmente destinadas para aterros sanitários e que acabam tornando-se em lixões devido tanto à deficiência na instalação da infraestrutura necessária quanto à falta de manutenção dos controles operacionais e ambientais. Em Goiás, entre as décadas de 1990 e 2000, 73 municípios (cerca de 30% dos 246), construíram

aterros sanitário por meio de convênios com órgãos federais, que em poucas semanas voltaram à condição de lixões, restando em 2009, apenas 9 aterros sanitários (MP-GO, 2012).

O abandono de áreas de disposição de resíduos representa riscos de contaminação do ambiente e à saúde pública, e nos remete ao famoso acidente com o *Love Canal*, no estado de Nova Iorque, em 1953, não com o despejo de RSU, mas resíduos químicos industriais, que culminou no aparecimento de doenças e deformações na população que ocupou essa área para moradia, tendo o governo americano que relocar cerca de 700 famílias (CARTER, 1980). Uma das formas de evitar esse tipo de acontecimento é a previsão dos usos futuros dos aterros, podendo inclusive ser construídos parques urbanos ambientais, como os parques-aterros Raposo Tavares e Jardim Primavera-Jacuí, ambos em São Paulo, os quais também exigem maiores cuidados (BARROS, 2011).

No sentido de promover a gestão integrada dos RSU, é extremamente importante recuperar lixões e aterros controlados, contemplando a avaliação das suas condições ambientais, conforme Diretriz 2 do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) (MMA, 2012). As dificuldades de avaliação concentram-se, principalmente, na falta de estabelecimento de indicadores que demonstrem as condições e o desempenho do sistema (DANTAS, 2008). A *European Council Directive 1999/31/EC* estabelece parâmetros de avaliação de aterros sanitários na União Européia, basicamente por meio da probabilidade de contaminação devido a localização do aterro e sua operação (ZAMORANO, 2005). Assim, foi determinante na pesquisa a avaliação das áreas de disposição final (ADF) por meio da aplicação do Índice de Qualidade de Aterros (FARIA, 2002) para verificação do gerenciamento dos RSU, e ainda a avaliação espacial das áreas, por meio do uso de geotecnologias para análise da vulnerabilidade ambiental (ACSELRAD, 2006) e análise das restrições legais de uso das ADF (CEMAm, 2014).

Após as devidas avaliações, o próprio PLANARES, por meio da Diretriz 2, Estratégia 1 recomenda o estabelecimento de critérios de priorização das áreas destinadas à recuperação de lixões. E assim, a pesquisa utilizou da Análise Hierárquica de Processos (SAATY, 1970) como ferramenta multicriterial de apoio ao ordenamento das 20 ADF de RSU da Região Metropolitana de Goiânia (RMG) prioritárias de reabilitação.

A RMG, composta por 20 municípios, foi escolhida para o estudo por ser responsável por 46,85% dos RSU gerados no estado de Goiás (SECIMA, 2014b) e suas ADF apresentarem uma

série de irregularidades alarmadas pelos órgãos de controle e fiscalização (MP-GO, 2012; SEMARH, 2009).

Por fim, foi apresentado uma proposta de decisão do futuro das ADF, de acordo com o fluxograma lógico do IPT/CEMPRE (2002), que basicamente apontou 2 caminhos para a reabilitação: encerramento da disposição final em áreas restritas e sua respectiva remediação; ou continuidade em áreas livres ou sujeitas à anuência com a respectiva adequação de lixões em aterros sanitários ou ampliação e melhoria dos atuais aterros sanitários.

Em caso de obrigatoriedade de encerramento, as áreas precisam passar por uma recuperação ambiental que envolve desde a própria avaliação do comprometimento do local a que também se propõe este trabalho, até a remediação, remoção ou conformação dos resíduos no terreno com tratamento do lixiviado, e requalificação de uso futuro (ALBERTE et al., 2005).

Foram indicados ainda possíveis cenários para a disposição final dos RSU de acordo com a proposição do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Goiás (PERS-GO) (SECIMA, 2015a), dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), dos levantamentos da realidade local e aptidão dos municípios, priorizando o compartilhamento de aterros sanitários como forma de otimizar custos e mitigar os impactos, com redução de passivos ambientais na região. Vários países como Estados Unidos, Japão e os da Comunidade Européia erradicaram seus “lixões”, e seus aterros sanitários passaram a ser ADF de rejeitos apenas. Por meio do Plano Estratégico de RSU (PERSU), Portugal erradicou, em 2004, 341 lixões destinando seus resíduos a 33 aterros sanitários (RUSSO, 2005).

O presente trabalho vem subsidiar os estados, regiões e municípios ao cumprimento do objetivo 0342 do PLANARES (2012) em “promover a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos com ênfase [...] no gerenciamento de áreas contaminadas...”, por meio da iniciativa 010L quanto à “promoção de monitoramento de áreas contaminadas por resíduos e recuperação de áreas órfãs contaminadas”, e da ação LOA 2012 “20 MF – fortalecimento dos Órgãos Integrantes do SISNAMA para o gerenciamento de áreas contaminadas” (MMA, 2012), trazendo uma ferramenta de apoio à decisão a gestores, técnicos, operadores e tomadores de decisão em geral.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar uma proposta de tomada de decisão multicritério para a reabilitação das atuais áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- avaliar a qualidade da disposição final atual de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia;
- avaliar a vulnerabilidade ambiental das atuais áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia;
- avaliar a restrição legal de uso das atuais áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia;
- ordenar prioritariamente as áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Goiânia quanto à necessidade de reabilitação; e
- estabelecer possíveis cenários para a reabilitação das atuais áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Goiânia.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Foi realizada uma extensa revisão na literatura, documentos de órgãos de controle ambiental (OCA), legislações, normas e melhores práticas existentes no que se refere à gestão e gerenciamento de ADF de RSU, com foco na reabilitação de áreas degradadas (RAD) por lixões e instalação, operação, monitoramento, fechamento e usos futuros de aterros sanitários.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Na antiguidade, as populações nômades lançavam seus resíduos próximos a suas instalações, esgotando os recursos locais e deixando rastros com seus resíduos, que eram compostos basicamente de dejetos humanos, matéria orgânica e no máximo minerais usadas para ferramentas de caça mais primitivas. Segundo Bidone e Povinelli (1999) a prática de aterrar resíduos, teve seu primeiro registro com os Nababeus, na Mesopotâmia, em 2.500 a.C., em que os resíduos domésticos e agrícolas eram enterrados e após um certo tempo, eram descobertos e aproveitado essa matéria decomposta como adubo para novos plantios.

Mais tarde, com o estabelecimento das cidades, os quais eram muradas e possuíam regulamentação higiênica dentro de seus limites, seus resíduos eram lançados fora destes limites, provocando doenças, mau cheiro e contaminação em geral. Em 735 a. C., na cidade de Roma, todo proprietário de casa, pelo Código Municipal de César, deveria manter limpo e em ordem o trecho em sua frente. Em 150, Roma também resolveu abrir valas e aterrar os resíduos (FARIA, 2002).

Mais tarde com a decadência do Império Romano, vêm as pestes e Hipócrates, na Idade Antiga falou muito sobre limpeza. A partir da peste bubônica, na Idade Média, surge os primeiros projetos de saneamento nas cidades de Bruxelas e Paris (LOUREIRO, 2005).

Após a revolução industrial, as características dos materiais foram se alterando e consequente a composição dos resíduos, aumentando cada vez mais a heterogeneidade com inserção de inorgânicos como plásticos (década de 1960, do século XX), metais, vidros e papéis de vários formatos e qualidade.

Após a metade do século XIX, começa a surgir interesse na proteção de área de relevantes características ambientais. Nesse sentido, em 1º de março de 1872 é instituído o 1º Parque Natural do Mundo, o Parque Nacional de Yellowstone nos EUA, localizados entre os Estados de Idaho, Montana e Wyoming. Já em 1969, surge nos EUA a 1ª Lei Nacional do Meio Ambiente, a *National Environment Protection Act* (NEPA), a Lei Nacional de Proteção do Meio Ambiente. A NEPA determinou a criação da *Environmental Protection Agency* (EPA) em 2 de dezembro de 1970, como autoridade para implementação e fiscalização da NEPA. A partir da NEPA, outros países desenvolvidos instituíram suas políticas na década de 1970, década notadamente marcante em todo o mundo como a década dos movimentos ambientais na luta pelo controle da poluição, produção mais limpa, zero carbono, resíduo zero e economia circular. Em 1972, acontece a 1ª Conferência Mundial do Meio Ambiente com o tema “O Homem e o Meio Ambiente” (SÁNCHEZ, 2008).

Nos EUA, o acidente com o Love Canal reforçou o cuidado com a implantação, encerramento, monitoramento e usos futuros dos aterros sanitários, independente de serem para resíduos perigosos ou não-perigosos. Estudos envolvendo a saúde dos moradores constatou um aumento de abortos, natimortos, crises nervosas, hiperatividade, epilepsia, deformações físicas em crianças e distúrbios no trato urinário dos moradores (EPA, 1979).

A partir da década de 1980, são instituídas políticas de meio ambiente nos países em desenvolvimento. No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), foi instituída pela Lei Federal 6.938 em 31 de agosto de 1981. Enquanto que na década de 1970, o enfoque das políticas de meio ambiente era centrado no controle da poluição, na década de 1980, estas políticas tiveram enfoques mais preventivos com a introdução dos conceitos de avaliação de impacto ambiental antes da implantação de empreendimentos potencialmente poluidores (MAGRINI, 2001).

No Brasil, começam a surgir os primeiros aterros no começo do século XX, com a implantação do Aterro do Caju, no Rio de Janeiro, em 1931, que operou durante 40 anos e cobriu 800.000 m². Em 1971, surgem mais dois aterros, em 1975 é criada a Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB) e em 1978, surge o Aterro Metropolitano de Gramacho, com 1,3 ha, recebendo em 2005, 9000 t/dia de RSU (FARIA, 2002), e desativado em 3 de junho de 2012, após implantação do Aterro de Seropédica em 20 de abril de 2011 (RIO, 2016).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada em 2 de agosto de 2010, pela Lei 12.305, exigiu que os municípios implantassem a disposição final ambientalmente adequada de seus rejeitos até 2014. No entanto, em 2014, existiam no Brasil apenas 707 aterros sanitários, com 381 deles na Região Sudeste, 203 na Sul, 70 na Nordeste, 35 na Centro-Oeste e 18 na Região Norte (MCIDADES, 2014).

Já o estado de Goiás teve seus primeiros aterros sanitários a partir da década de 1990. Entre os anos de 1990 e 2000, houve um aporte significativo de recursos financeiros por parte do governo estadual e de órgãos federais como a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), para implantação de aterros sanitários em 73 dos seus 246 municípios, e que em questão de semanas voltaram à condição de lixão (MP-GO, 2012).

Em 29 de julho de 2002, foi instituída a Lei Nº 14.248, que trata sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos (LPERS-GO) e define diretrizes e normas de prevenção da poluição por meio dos resíduos sólidos em Goiás (GOIÁS, 2002), e que, por si só, não foi capaz de mudar o cenário de disposição final inadequada.

Em 2009, a Secretária Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás (SEMARH) realizou um diagnóstico acerca dos sistemas de disposição final (SDF) de RSU em 232 municípios, e identificou que 146, o equivalente a 62,93 %, dispunham seus resíduos em lixões a céu aberto; 77, o equivalente a 33,19%, em aterros controlados; e somente nove, o equivalente a 3,88 %, possuíam aterros sanitários (SEMARH, 2009a). Já o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás (PERS-GO) mostrou que houve uma evolução do número de municípios com aterros sanitários para 18%, contra 82% de lixões (SECIMA, 2015a).

Os grandes centros do estado de Goiás destinam 2.106,5 t/dia de RSU para seus aterros, representando cerca da metade coletada por dia no estado (MP-GO, 2012).

Em 2009, o diagnóstico do SDF de RSU, mostrou que apenas quatro dos 20 municípios da RMG possuíam aterro sanitário, nove com aterros controlados e sete com lixões, portanto, 16 disposições inadequadas (SEMARH, 2009a). Já o PERS-GO, cinco anos depois, identificou uma melhoria, com o dobro de aterros sanitários na RMG, dentre 19 municípios pesquisados (SECIMA, 2015a).

3.2 ASPECTOS DE GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RSU

Segundo a Lei 12.305/2010, em seu Art. 3º, inciso XI, a gestão integrada dos resíduos sólidos (GIRS) é “o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010). Já o gerenciamento de resíduos sólidos, segundo a PNRS, é:

o conjunto de etapas relativas ao manejo propriamente dito dos resíduos, e que contempla desde a geração, passando pelo acondicionamento, armanejamento, coleta, transporte, transferência, tratamento, destinação final ambientalmente adequada e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (BRASIL, 2010).

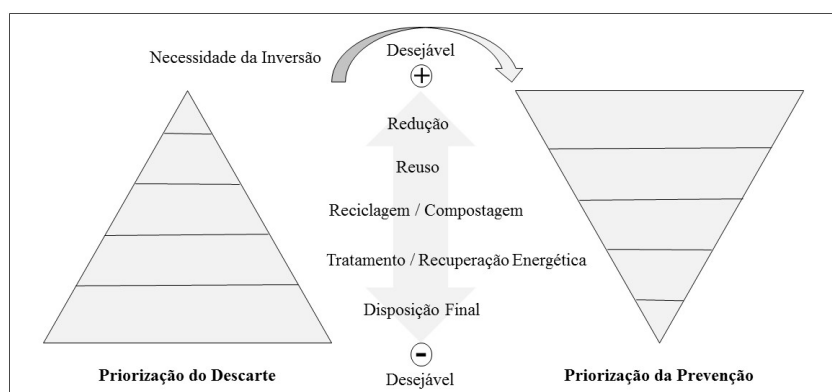
Interessante ressaltar que, enquanto a gestão trabalha com todo e qualquer tipo de aspecto relacionado direta ou indiretamente com a questão dos resíduos sólidos¹, o gerenciamento integrado trabalha cada uma dessas etapas correlacionando-as entre si, de modo que a prioridade seja a não geração, a redução e a recuperação material e energética. O objetivo é aumentar o ciclo de vida dos materiais a fim de que haja mitigação dos impactos ambientais, inclusive com a diminuição das quantidades de rejeitos sólidos² enviados para as ADF.

A disposição final portanto é uma das etapas do gerenciamento integrado, e não pode ser entendido como apenas a única e/ou principal tecnologia disponível para a destinação final dos resíduos sólidos. Nesse sentido, esta deve ser hierarquizada como se apresenta na Figura 1, em que é preciso inverter a lógica do “jogar fora” para a máxima redução e recuperação, saindo da ótica *cradle-to-grave* (do berço ao túmulo) para a *cradle-to-cradle* (do berço ao berço), promovendo assim a Economia Circular (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2003).

¹ Resíduos Sólidos, segundo NBR 10.004/2004, são materiais nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

² Rejeitos sólidos segundo a Lei 12.305/2010 são “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”.

Figura 1 - Inversão da hierarquia de gestão dos resíduos sólidos do descarte para a prevenção



3.2.1 Normas técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui as seguintes normas técnicas relacionadas à disposição final de RSU, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Normas técnicas brasileiras relacionadas à disposição final de RSU

N	Número e Título da Norma	Conteúdo da Norma
1	NBR 8.419/1992 Versão corrigida: 1996 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento.	Esta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
2	NBR 13.896/1997 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.	Fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas.
3	NBR 15.495/2007 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados.	Esta Norma fixa as condições exigíveis para construção de poços de monitoramento de aquífero freático e dados mínimos para apresentação de projetos de redes de monitoramento.
4	NBR 15.849/2010 - Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.	Especifica os requisitos mínimos para localização, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários de pequeno porte, para a disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Antes da PNRS de 2010, era muito comum no Brasil as ADFs serem classificadas em: aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Inclusive, a própria ABNT estabeleceu uma norma voltada para aterros controlados na década de 1980, NBR 8.849/1985, cancelada em 2015. Atualmente, no Brasil só são consideradas como disposição final adequada os aterros sanitários, normatizados pela NBR 13.896/1997 ou os aterros sanitários simplificados segundo NBR 15.849/2010.

As normas para implantação e certificação de sistemas de qualidade, de sistemas de gestão ambiental (SGA) e de gestão da segurança, são exemplos de instrumentos normativos que visam melhoria contínua, também aplicáveis a aterros sanitários, podendo ser citados, respectivamente, a ISO 9.001, ISO 14.001 e a OHSAS 18.001. Relacionada à RAD pela disposição final de resíduos sólidos, não há no Brasil, nenhuma norma geral ou específica para o tema. Existe uma voltada para a elaboração e apresentação de projeto de RAD pela mineração, a NBR 13.030/1999 (ABNT, 1999). O tema RAD serão estudados no item 3.9.

3.2.2 Arcabouço legal

O grande marco legal na GIRS é a Lei Federal Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que dispõe sobre a PNRS, aprovada após 21 anos de discussões. No Quadro 2 são apresentadas leis correlatas e resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), assim como outros diplomas.

Quadro 2 – Arcabouço legal envolvendo a disposição final de RSU no Brasil e em Goiás

N	Documento Legal	Conteúdo Sintético
1	Lei Federal Nº 9.605, de 12 de janeiro de 1998.	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
2	Lei Federal Nº 10.257, de 10 de Julho de 2001.	Dispões sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano.
3	Lei Estadual Nº 14.248, de 29 de julho de 2002.	Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Goiás.
4	Lei Federal Nº 11.107, de 6 de abril de 2005.	Regulamentado pelo Decreto 6.017 de janeiro de 2007, dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências.
5	Lei Federal Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007.	Dispões sobre a Política Nacional de Saneamento Básico.
6	Resolução Conama Nº 404, de 11 de novembro de 2008.	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Revoga a Resolução Conama N. 308/2002.
7	Lei Federal Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.	Dispões sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a Lei no 9.605 e dá outras providências.
8	Decreto-Lei Federal Nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010.	Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos e cria o Comitê Interministerial.
9	Resolução CEMAm Nº 5, de 26 de fevereiro de 2014 (Estado de Goiás).	Dispõe sobre os procedimentos de Licenciamento Ambiental dos projetos de disposição final dos RSU, na modalidade Aterro Sanitário, nos municípios do Estado de Goiás com população abaixo de 100 mil hab e para municípios com mais de 100 mil hab a exigência do EIA/RIMA.
10	Lei Federal Nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015.	Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001 e dá outras providências.

3.2.3 Planejamento nos âmbitos federal, estadual e metropolitano

Os maiores instrumentos de uma política pública são seus respectivos planos estratégicos elaborados e implementados. No caso das Políticas Nacional, Estadual e Municipais de Resíduos Sólidos são os chamados PLANARES, Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, que no estado de Goiás trata-se do PERS-GO, e os PMGIRS.

Os PMGIRS somente começaram a ser elaborados de fato após 2010 com a Lei da PNRS. Goianira foi o primeiro município da RMG a estabelecer um plano próprio e específico, na década de 1990, numa verba do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA). Depois vieram os planos dos demais municípios. Nem todos os municípios tem PMGIRS e, segundo AMMA (2016), Goiânia somente concluiu o seu em 2016.

Somente em 2015, foi concluído o PERS-GO, o qual sugere rotas de destinação final de RSU com indicação de possíveis aterros compartilhados num raio de até 60 km (SECIMA, 2015a).

Para municípios que fazem parte de regiões metropolitanas ou aglomerados urbanos, deve ser levado em consideração a elaboração e implementação de planos como o Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI) da RMG que está em fase de elaboração (SECIMA, 2015a). Esse plano visa compatibilizar o uso das funções públicas de interesse comum (FPIC) entre os 20 municípios da RMG, no âmbito das políticas federal, estadual e municipal.

O Programa Goiás Sem Lixão que busca projetos de destinação de resíduos sólidos para a RMG com o objetivo de destinar corretamente os resíduos e erradicar os lixões presentes nesses municípios (GOIÁS, 2016).

O PLANARES (MMA, 2012) trouxe importantes contribuições para o planejamento das ADF dos RSU no Brasil, com metas de reabilitação do número de áreas de lixões na Região Centro-Oeste de 8% em 2015, 20% em 2019, 45% em 2023, 65% em 2027 até 90% no ano de 2031. Além disso, o PLANARES traz uma série de diretrizes e estratégias no sentido de promover a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, dentre as quais podem ser destacadas as seguintes:

- **Diretriz 1:** eliminar os lixões e aterros controlados e promover a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, por meio de estratégias como aportar recursos para encerramento dos lixões e aterros controlados; e definir normas para encerramento de lixões;

- **Diretriz 2:** recuperar os lixões e aterros controlados, compreendendo a avaliação das suas condições ambientais (estabilidade, contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas, migração de gases para áreas externas à massa de resíduos, etc.), por meio de estratégias como: realizar levantamento dos lixões passíveis de recuperação, inclusive a necessidade de investimentos; estabelecer programa de monitoramento do processo de reabilitação, em curso, das áreas dos lixões e aterros controlados; e definir normas técnicas para recuperação de lixões e aterros controlados; e
- **Diretriz 4:** desenvolver tecnologias para reduzir a disposição final de RSU em aterros sanitários.

3.2.4 Licenciamento ambiental

A PNMA, em 1981, inseriu o instrumento do licenciamento ambiental como forma de controle das atividades potencialmente poluidoras, incluindo os aterros sanitários (BRASIL, 1981). A PNMA deu competências ao Conama para deliberar sobre o processo de licenciamento. Assim, por meio da Resolução Conama Nº 006 /1986, foi definido o modelo para publicação dos pedidos de licenciamento (CONAMA, 1986), e a Resolução Conama nº 237/1997 dispôs os critérios e os três tipos de licenças e seus prazos: Licença Previa (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) (CONAMA, 1997).

Em Goiás, o licenciamento dos SDF de RSU, disposto na Resolução CEMAm Nº 5, de 26 de fevereiro de 2014, exige para cada tipo de licença e suas renovações estudos técnicos detalhados, além de outros documentos, cujos prazos são definidos de acordo com a Portaria Semarh Nº 001/2009, variado conforme o fator de complexidade (w) da atividade (SEMARH, 2009b) e Resolução Conama 237/1997, da seguinte forma:

- **LP** - estudo de seleção de área e estudo de concepção do projeto. O prazo de validade não pode ultrapassar a 5 anos;
- **LI** - Projetos Básicos e Executivos (PBE) e Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) para a recuperação e aproveitamento da área atual ou para encerramento do lixão. O prazo máximo de validade não pode ser superior a 6 anos;
- **Licença de Funcionamento (LF):** não há estudo técnico exigido, contudo somente é liberado após a verificação do cumprimento às exigências contidas na LI. Da mesma forma que na LI, o prazo de validade varia entre 4 e 10 anos;

- **Renovação ou Ampliação de LI:** alterações realizadas no projeto aprovado na fase de Licença de Instalação, se estas tiverem ocorrido; e
- **Renovação ou Ampliação de LF:** Relatório de Monitoramento Ambiental.

No Quadro 3 se apresenta a situação do licenciamento das ADF de RSU da RMG por meio do tipo de licença e sua validade, constante nos respectivos processos junto à SECIMA.

Quadro 3 - Situação do licenciamento ambiental das ADF de RSU da RMG segundo a SECIMA (2015b)

Nº PROCESSO	MUNICÍPIOS	TIPO DE LICENÇA	VALIDADE
5301.1324/1997-1	Abadia de Goiás	Licença Prévia (LP)	17/03/2020 (1)
5302.00068/1991-1 5301.02406/1998-1	Aparecida de Goiânia	Licença de Funcionamento (LF)	13/08/2016 (1)
5301.03679/1998-1	Aragoiânia	não possui	não se aplica
5302.00713/1991-1 16301.00012/1998-1 5601.28377/2001-1	Bela Vista de Goiás	Licença Prévia (LP)	28/07/2019 (1)
		Licença de Instalação (LI)	04/08/2018 (1)
		Licença de Funcionamento (LF)	13/11/2021 (1)
5301.02046/1999-1	Bonfinópolis	Licença de Funcionamento (LF)	30/06/2017 (1)
5601.02576/2000-1	Brazabrantes	não possui	não se aplica
5301.00363/1997-1	Caldazinha	não possui	não se aplica
5601.0729/2001-1	Caturai	Licença Prévia (LP)	27/01/2012
5302.00863/1991-1	Goianápolis	não possui	não se aplica
6301.00014/1995-1	Goiânia	LF e LF ampliação vencida e não renovada	LF e LF ampliação vencida e não renovada
5301.00693/1997-1 5601.04111/2000-1	Goianira	não possui	não se aplica
5301.01311/1996-1	Guapó	não possui	não se aplica
5301.01005/1998-1	Hidrolândia	Licença de Funcionamento (LF)	09/04/2019 (1)
5302.00892/1991-1	Inhumas	LF indeferida	LF indeferida
5302.00714/1991-1 5601.36624/2005-1	Nerópolis	LF vencida e não renovada	LF vencida e não renovada
5301.001145/1997-1	Nova Venesa	não possui	não se aplica
6301.01583/1995-1	Santo Antônio de Goiás	não possui	não se aplica
5601.09068/2002-1	Senador Canedo	Licença de Funcionamento (LF)	23/12/2020 (1)
5301.00518/1997-1	Terezópolis de Goiás	Licença de Funcionamento (LF)	13/02/2005 (1)
6301.01606/1995-1 5601.00827/2002-1	Trindade	Licença de Funcionamento (LF)	23/12/2016 (1)

Fonte: (1) SECIMA. Nota Técnica - Aterros Sanitários Municipais. Listagem de aterros com licenciamento (dentro do prazo de validade) junto a esta SECIMA. Goiânia, 2 p. 13 nov. 2015. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2015-11/nota-tecnica---aterros.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

O Estado de Goiás adotou o licenciamento ambiental simplificado para municípios ou agrupamento de municípios com somatória das populações em até 100 mil hab, por meio da Resolução CEMAm No 5/2014, dispensando a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental

(EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e restringindo mais critérios para a seleção de áreas para a disposição final de RSU (CEMAm, 2014).

3.2.5 Gestão regionalizada dos resíduos sólidos

Segundo o Estatuto da Metrópole, a GIRS é uma função pública de interesse comum (FPIC), e deve ter os seguintes instrumentos para sua gestão plena: planos, conselhos, consórcio, zoneamento, dentre outros. Sob essa premissa da FPIC é que também existe uma articulação entre o Estado e os vários municípios da referida região, destacando que a GIRS ultrapassa os limites e os interesses de um único município.

A gestão regionalizada ou compartilhada é uma estratégia para o enfrentamento da dificuldade de gestão, de seleção de áreas adequadas, otimização de custos, dentre outros, no sentido de otimizar a quantidade de áreas com passivos ambientais, como bem objetiva a Lei dos Consórcios Públicos.

A seguir são apresentados alguns casos de gestão regionalizadas em nível estadual e metropolitana que visa a melhoria na qualidade da prestação de serviços de gerenciamento de resíduos e disposição final.

3.2.5.1 Estado de São Paulo: Inventário Anual de RSU e avaliação de aterros

Devido à má situação dos municípios em relação à disposição final de seus RSU no estado, a Companhia Ambiental do estado de São Paulo (Cetesb) criou um Programa de Inventário dos RSU, em 1997, por meio da aplicação do Índice de Qualidade de Aterros (IQR), com o objetivo de melhorar as condições dos mesmos. A ideia da aplicação do índice, foi de classificar as diferentes ADF num primeiro momento em condições inadequadas, controladas ou adequadas. A partir da classificação é exigido do município o cumprimento da legislação no sentido de melhoria contínua. As ações fiscalizatórias, por parte da Cetesb e do acompanhamento do Ministério Público do Estado de São Paulo (MP-SP) por meio da aplicação de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC), por sua vez, servem como ferramentas de gestão. Tem-se observado ao longo dos anos uma evolução das condições desses aterros a partir do que pode ser observado na Tabela 1 com o aumento progressivo dos IQR's municipais.

Tabela 1 - Evolução do IQR-Nova Proposta nos municípios do estado de São Paulo
Fonte: CETESB (2015)

Ano	2011		2012		2013		2014	
Enquadramento	Nº mun.	%	Nº mun.	%	Nº mun.	%	Nº mun.	%
Inadequado	153	23,7	54	8,4	29	4,5	27	4,2
Adequado	492	76,3	590	91,6	613	95,5	615	95,8
Total	645	100,0	644 (*)	100,0	642 (**)	100,0	642 (***)	100,0

Legenda: (*) não foi considerado o município de Bananal que dispõe em outro Estado

(**) não foram considerados os municípios de Bananal, Igarapava e Ituverava que dispõem em outros Estados

(***) não foram considerados os municípios de Arapeí, Bananal e Igarapava que dispõem em outros Estados
mun. – municípios

Como pode se observar, o estado passou de 153 municípios (23,7%) com condições inadequadas de disposição final de RSU, em 2011, para 27 (4,2%), em 2014. A evolução se torna mais significativa ainda quando comparado o IQR – Nova Proposta em relação à quantidade de resíduos sólidos aterrados. Assim, a evolução foi de 4.018 t/dia de RSU, o equivalente a 15,3% do total de resíduos aterrados no Estado, que estavam sendo dispostos de forma inadequada em 2011, para 878,99 t/dia, o equivalente a 2,2%, em 2014 (CETESB, 2014). Maiores detalhes sobre índices de avaliação de aterros serão estudados no item 3.6.

A adoção de instrumentos de avaliação e Programas de gestão de aterros, como o Programa Estadual de Implementação de Projetos de Resíduos Sólidos, instituído no Decreto Estadual Nº 57.817, de 28 de fevereiro de 2012, o Programa Município Verde Azul, e outras Políticas Públicas, no contexto de todo o estado, levou à evolução da qualidade dos aterros de São Paulo, inclusive com elaboração de programas específicos para municípios menores de 20.000 hab em piores condições de IQR (SMA/CETESB, 2005).

3.2.5.2 Minas Gerais na erradicação dos lixões

O Programa Minas sem Lixões em 2003, integrado em 2007 como o Projeto Estruturador de Resíduos Sólidos, teve como meta até 2011, erradicar com os lixões em 80% dos municípios (FEAM, 2010).

Mesmo, com o Programa Minas Sem Lixões de 2003, até o fim de 2009, 45% dos municípios ainda dispunham seus resíduos de forma inadequada (FEAM, 2010). Contudo, a estruturação de um Programa pelo Estado de Minas Gerais, foi capaz de reduzir de 823 municípios com lixões, em 2001, para 558, em 2012, do total de 853 municípios (FEAM, 2012). Ao longo deste período a Lei 18.031, foi promulgada em 12 de janeiro de 2009, instituindo a Política Estadual de Resíduos Sólidos, tendo como destaques a desativação dos lixões, reabilitação e recuperação

das áreas degradadas por resíduos, a gestão consorciada dos resíduos entre os municípios e a inclusão social de trabalhadores catadores de materiais recicláveis (MINAS GERAIS, 2009).

3.3 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU NA RMG

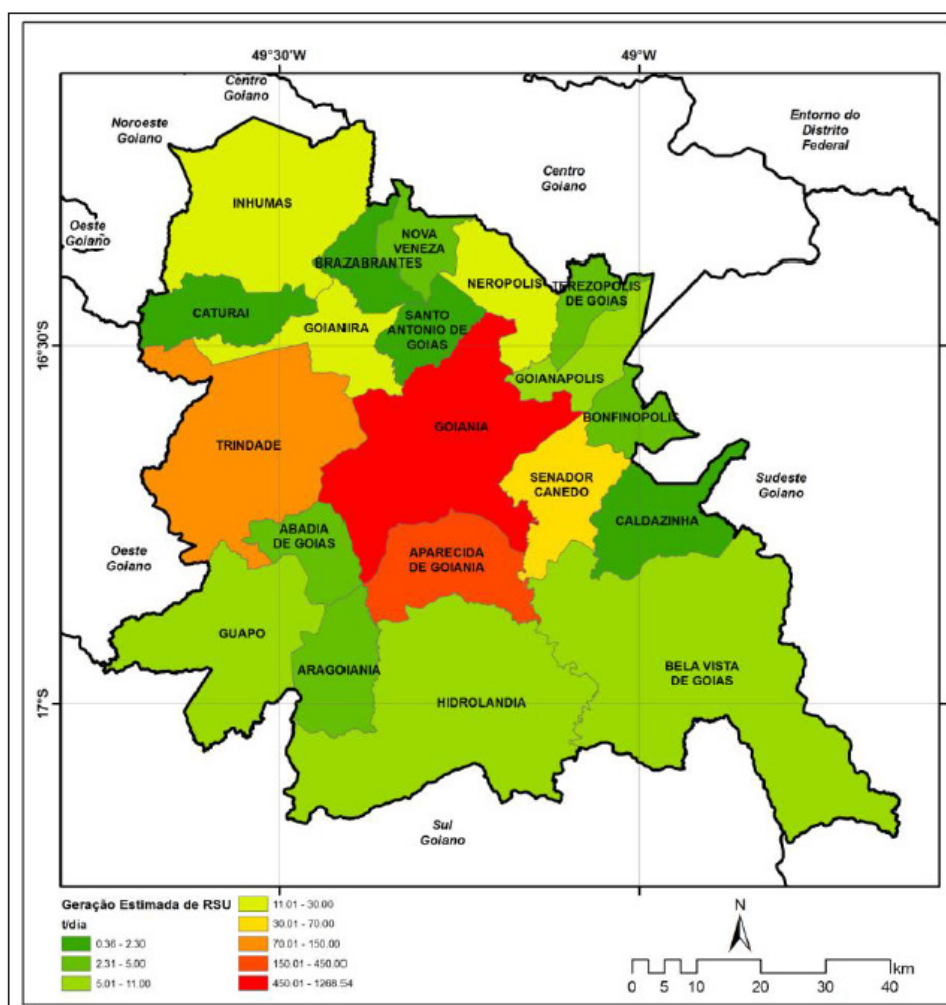
Em 1980, havia sido criado o Aglomerado Urbano de Goiânia (AUG) com um total de 8 municípios. Atualmente, a RMG tem 20 municípios em uma área de 7.397,203 Km² e uma população de 2.173.141 habitantes, segundo o Censo 2010 (IPEA, 2013).

A gestão dos resíduos sólidos da RMG é exercida pelo Governo Estadual e pelos Municípios. Por meio da Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA), o governo atua no planejamento, em contexto metropolitano quanto à elaboração do PDI da RMG, execução de obras de saneamento e de resíduos, aporte de recursos, licenciamento e fiscalização (SECIMA, 2015a).

O PERS-GO é um marco na implementação da LPERS que traz grandes contribuições à gestão no estado de Goiás e na RMG, como a construção e implementação do Sistema de Informação Estadual de Resíduos Sólidos (SIERS), num modelo participativo de visualização, edição, alimentação e geração de mapas temáticos por n tipos de usuários. Para que o SIERS cumpra sua função, foi adotado o programa computacional *Geoserver* para desempenhar a função de servidor livre, de fácil acesso pela internet e que permite a integração de várias bases de dados gerenciadas por diferentes instituições. Faz parte da solução, o visualizador de dados geográficos via internet, o *Geoexplorer*, que permite a integração com dados de plataformas como o *Google Earth* e o BING (SECIMA, 2015a). O sistema reúne dados e informações, sob o qual é possível conhecer a realidade relativa aos resíduos sólidos no estado de Goiás.

De acordo com as estimativas do PERS-GO, Goiás gera 4.088,23 t/dia de RSU. A RMG é caracterizada como a maior geradora de resíduos e a Região Nordeste a de menor. A RMG é responsável pela geração de 1.915,34 t/dia de RSU, o equivalente a 46,85% desse total. A geração de RSU nos municípios da RMG variam de 0,88 a 1.268,54 t/dia, sendo Caldasinha o de menor geração e Goiânia o de maior, conforme pode ser visto na Figura 2 (SECIMA, 2015a).

Figura 2 - Distribuição espacial da estimativa de geração de RSU na RMG



Fonte: NURSOL/UFG (2015) apud SECIMA (2015a).

A previsão é que a geração de RSU na RMG aumente de 2.212,59 t/dia, em 2015, para 3.424,68 t/dia, em 2035, o equivalente a um aumento de 54,78%. Nesse sentido, é imprescindível uma maior preocupação com a RMG, por meio da adoção de estratégias de redução e implantação de ADF ambientalmente adequadas, visto que a RMG e o Entorno do DF concentrarão até 2035 mais população e mais resíduos do que as demais regiões do estado (SECIMA, 2015a).

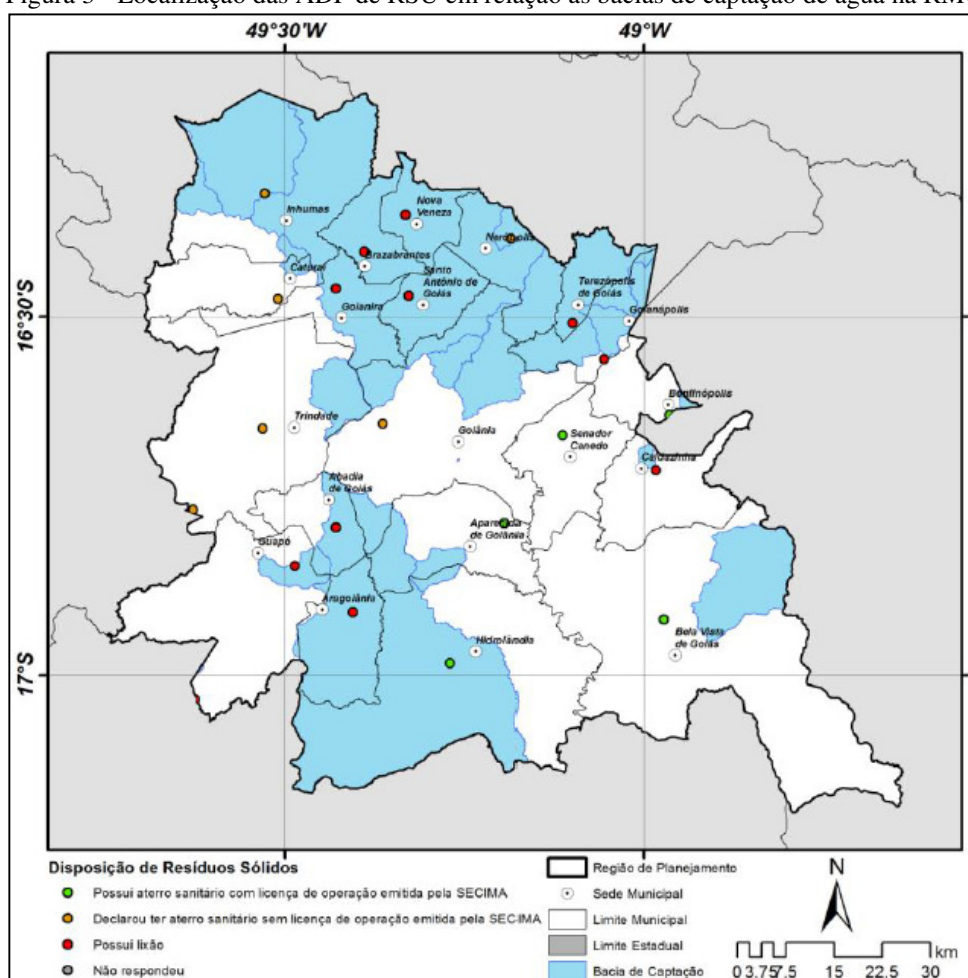
Quanto à disposição final de RSU, dos 19 municípios que prestaram informação, oito declararam possuir aterro sanitário e 11, lixão. Dessa forma, 47,89% declararam ter disposição final ambientalmente adequada, enquanto que em Goiás apenas 39 municípios com aterros sanitários, o equivalente a 16% (SECIMA, 2015a). Em todo o estado, a maioria das ADF são administradas pelas próprias Prefeituras, existindo um único modelo consolidado de gestão compartilhada em operação, entre Cidade Ocidental e Valparaíso de Goiás. Somente um município da RMG declara possuir gestão da ADF por empresa contratada, representando 5,26%

dos municípios, enquanto que em todo o estado 4% dessas ADF são geridas por empresas contratadas (SECIMA-GO, 2015a). A RMG apresenta ADF em má condições, porém em quantidade superior de aterros sanitários que as demais.

3.3.1 Aspectos geográficos das ADF de RSU da RMG

Outra questão preocupante é a localização das ADF em relação às bacias de captação de água para abastecimento. A RMG possui 11 ADF de RSU em bacias de captação (Figura 3), aumentando ainda mais o risco de contaminação das águas (SECIMA, 2015a).

Figura 3 - Localização das ADF de RSU em relação às bacias de captação de água na RMG

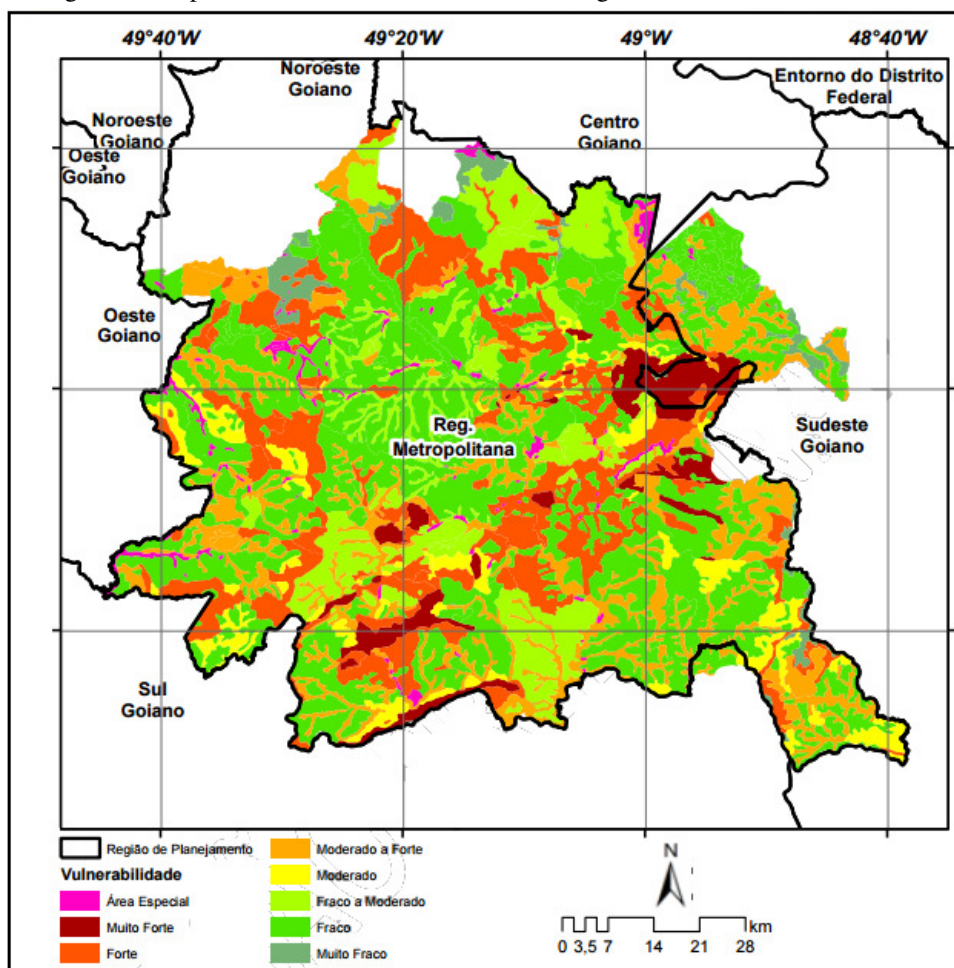


Fonte: NURSOL/UFG (2015) apud SECIMA (2015a).

Para mudar a realidade local dos RSU em Goiás, o PERS-GO propõe como diretrizes: a redução da geração *per capita* e a promoção da disposição final ambientalmente adequada de rejeitos em todo o território goiano. As estratégias vão desde a implantação de aterros sanitários, acompanhamento da adequação da disposição final ao longo dos anos até a erradicação de áreas de disposição inadequadas dos resíduos (SECIMA, 2015a).

Para a adequada disposição final e erradicação de áreas inadequadas, é preciso conhecer os diferentes níveis de vulnerabilidade ambiental na RMG relacionadas não somente em relação aos recursos hídricos, mas também em relação a outros aspectos dos meios físico, biótico e antrópico que foram registrados no Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do AUG, em 1994 pelo IBGE (SECIMA, 2015a). Na Figura 4 apresenta-se o Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do AUG que contempla boa parte da RMG.

Figura 4 - Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do aglomerado urbano de Goiânia

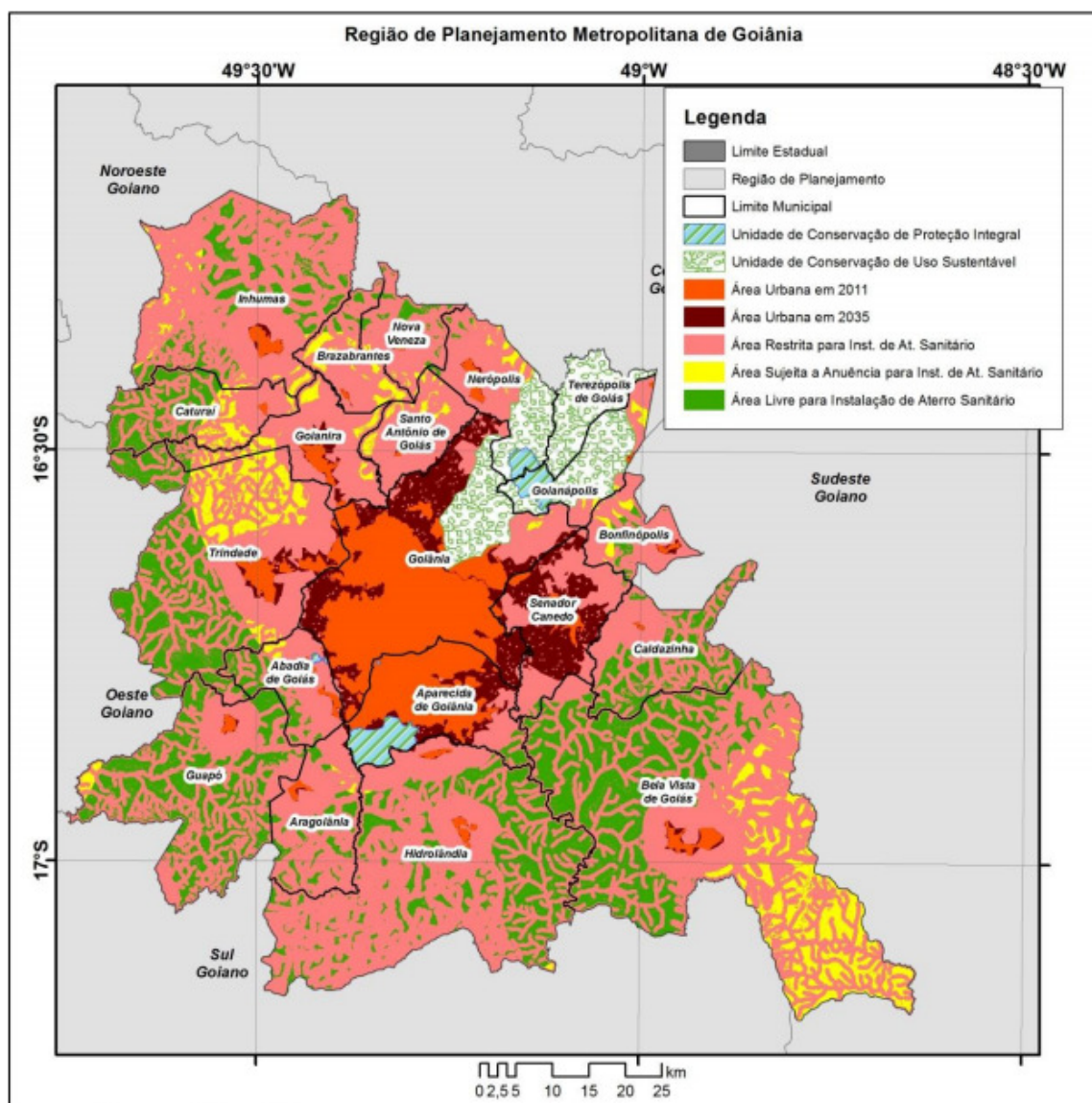


Fonte: IBGE (2015) apud SECIMA (2015a).

O mapa aponta áreas especiais e outras que variam de muito forte a muito fraca vulnerabilidade ambiental, o qual pode subsidiar a definição das ADF de RSU prioritárias de desativação e reabilitação ambiental.

Já na Figura 5 é apresentado o Mapa de Restrição de Uso para a implantação de aterros sanitários, do qual é possível avaliar a condição das áreas atuais.

Figura 5 - Mapa de restrição legal de uso para instalação de aterros sanitários de RSU na RMG



Fonte: NURSOL/UFG (2015) apud SECIMA (2015a).

Porém, não somente o cruzamento da vulnerabilidade ambiental fraca e muito fraca quanto a indicação de áreas livres ou no mínimo aquelas sujeitas à anuência são fatores para a seleção de áreas adequadas para aterros sanitários, porém outros critérios legais e normativos como distância do centro de geração dos resíduos, condição dos acessos, custos econômicos e outros devem ser contemplados e estudados de forma associada com esses mapas.

3.3.2 Situação dos consórcios de resíduos sólidos na RMG

Com relação à uma gestão compartilhada dos resíduos entre os municípios, mesmo com a criação do Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Goiânia (CODEMETRO), e com a criação de oito câmaras temáticas para a promoção das FPIC, somente a Câmara dos Transporte de fato existe e funciona. O CODEMETRO não tem tido uma gestão plena da FPIC dos resíduos sólidos por órgãos públicos setoriais, por grupos de interesse ou pelas políticas locais (IPEA, 2013).

Nota-se predominante, a gestão municipalista da FPIC dos resíduos sólidos na RMG ao saber que não existe consórcios públicos intermunicipais implantados e de fato em pleno funcionamento, e nem a existência de aterros compartilhados que recebam resíduos de diferentes municípios. Todos as ADF de RSU da RMG são individualizadas e municipalizadas, o que de fato se torna dispendioso a operação e sustentabilidade econômica de várias áreas ao invés de um número menor que atenda a toda a região, assim como é feito atualmente para o setor de abastecimento de água para consumo.

O Brasil já possui vários modelos gestores de compartilhamento de tecnologia de tratamento e disposição final de RSU nos estados de Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. No Quadro 4 são apresentados os arranjos de consórcios e o compartilhamento de aterros em institucionalização na RMG.

Quadro 4 – Institucionalização de consórcios e compartilhamento de aterros na RMG

SOLUÇÃO COMPARTILHADA	MUNICÍPIOS ENVOLVIDOS	INSTRUMENTO LEGAL
Consórcio Intermunicipal da APA do João Leite ⁽¹⁾	Campo Limpo, Goianápolis, Nerópolis, Ouro Verde, Terezópolis de Goiás	
Estatuto do Consórcio da Região da Estrada de Ferro - Eixo GO-020 do Estado de Goiás ⁽²⁾	Bela Vista de Goiás, São Miguel do Passa Quatro, Caldazinha, Cristianópolis, Santa Cruz de Goiás e Bonfinópolis	Lei Municipal nº 1.736/2015 de Bela Vista de Goiás
Aterro Sanitário Particular em Guapó	Municípios no raio de 60 km: Goiânia, Guapó, Aragoiânia, Abadia	Licença do Aterro
Consortio da Região da Associação dos Municípios do Alto Meia Ponte (AMAMPA), Região Metropolitana de Goiânia e Municípios Adjacentes à Grande Goiânia – denominado Consórcio Intermunicipal Brasil Central/GO	AMAMPA atual: Brazabrantes, Caturai, Goianira, Inhumas, Nova Veneza, Santo Antônio.	Estatuto reconhecido firma em 21/06/2013.
	Poderá fazer parte os 14 restantes da RMG: Aparecida de Goiânia, Abadia de Goiás, Aragoiânia, Bela Vista de Goiás, Bonfinópolis, Caldazinha, Goianápolis, Guapó, Hidrolândia, Nerópolis, Senador Canedo, Terezópolis, Trindade.	Lista dos Municípios fundadores reconhecido firma em 21/06/2013.
	E ainda os municípios de Anápolis e Itaberaí apontados pelo PERS-GO (SECIMA, 2015a) como possíveis municípios sede de aterros compartilhados	ATA de Instalação reconhecido firma em 21/06/2013.
	Aprovados nas Camaras: Inhumas, Caturai e Nova Veneza	Lei Municipal nº 1.736/2015 de Bela Vista de Goiás que revogou sua participação no Consórcio Intermunicipal Brasil Central/GO
Fonte: ⁽¹⁾ http://www.ocpf.org.br/consorcio/consorcio-intermunicipal-da-apa-do-joao-leite/ Acesso em 12 fev 2017; ⁽²⁾ http://www.belavista.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=974%3Abela-vista-foi-sede-da-assembleia-para-criacao-do-estatuto-do-consorcio-da-regiao-estrada-de-ferro-para-implantacao-de-saneamento-basico&Itemid=105 . Acesso em 12 fev 2017. Organizado pelo Autor (2017).		

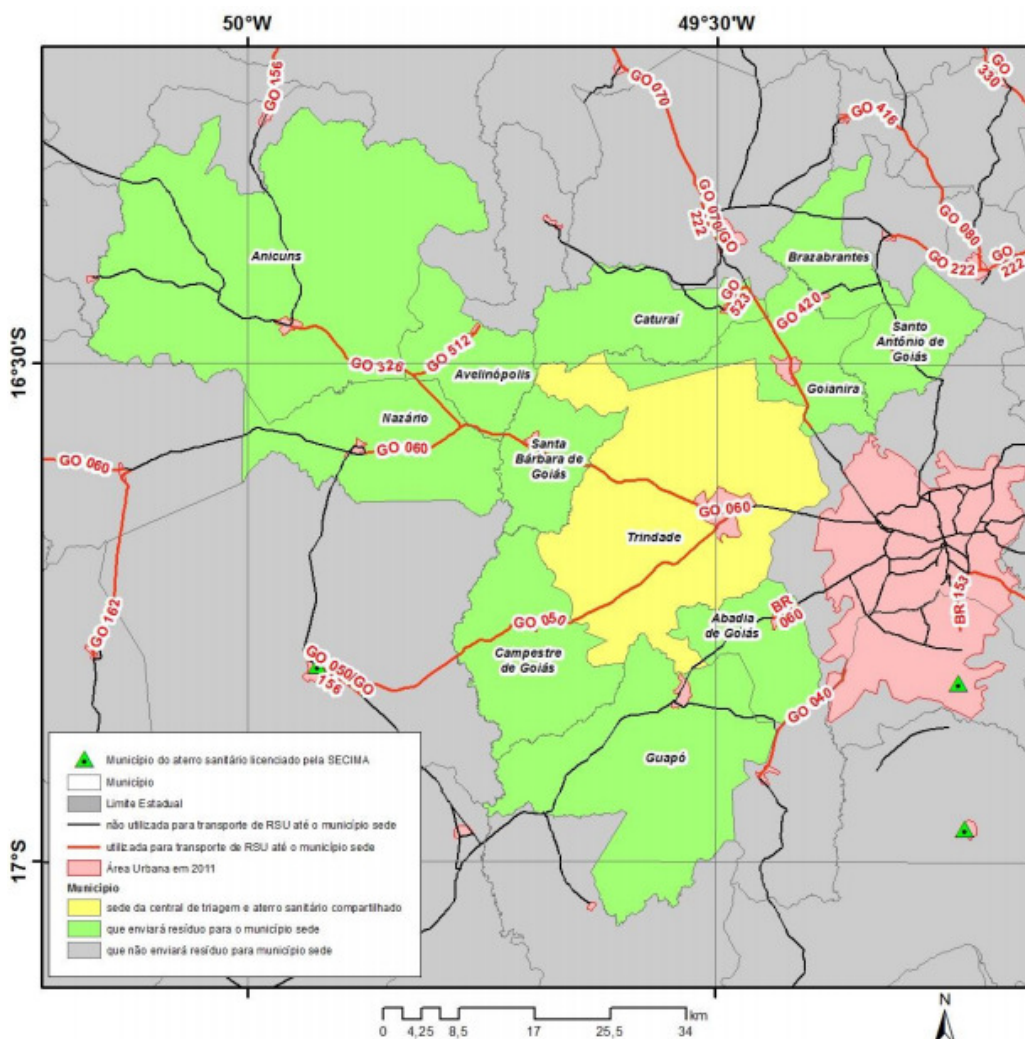
Todos os municípios da RMG e demais, incluindo Anápolis e Itaberaí, fundaram o Consórcio Intermunicipal do Brasil Central/GO (AMAMPA, 2013), o que pode facilitar a tomada de decisão de soluções compartilhadas sugeridas pelo PERS-GO.

3.3.3 Proposta de compartilhamento de aterros de RSU na RMG

O prognóstico estabelecido no PERS-GO (SECIMA, 2015a) estabelece que na RMG dos 20 municípios é proposto o envolvimento de 16 municípios em soluções compartilhadas (agrupados em quatro municípios sedes) e quatro em soluções individuais de disposição final de RSU.

O compartilhamento do aterro de Trindade como cidade sede do agrupamento dos municípios de: Anicuns, Avelinópolis, Nazário, Santa Bárbara de Goiás, Caturaí, Goianira, Brazabrantes, Santo Antônio de Goiás, Campestre de Goiás, Guapó e Abadia de Goiás (SECIMA, 2015a), pode ser visto na Figura 6.

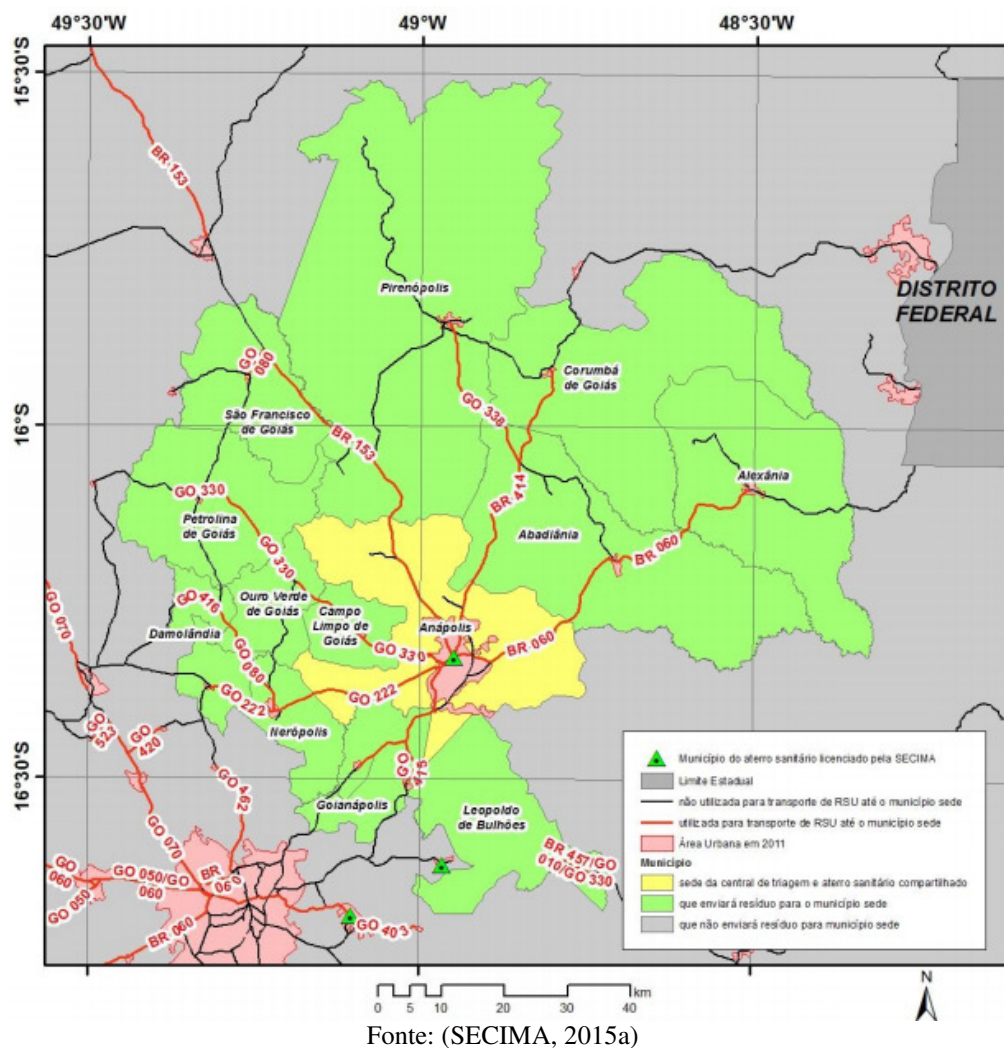
Figura 6 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Trindade para a Região Metropolitana de Goiânia



Fonte: (SECIMA, 2015a)

Na Figura 7 se apresenta a proposta de compartilhamento de aterro sanitário no município de Anápolis como cidade sede do agrupamento de mais 12 municípios, incluindo os municípios de Nerópolis e Goianápolis, pertencentes à RMG (SECIMA, 2015a).

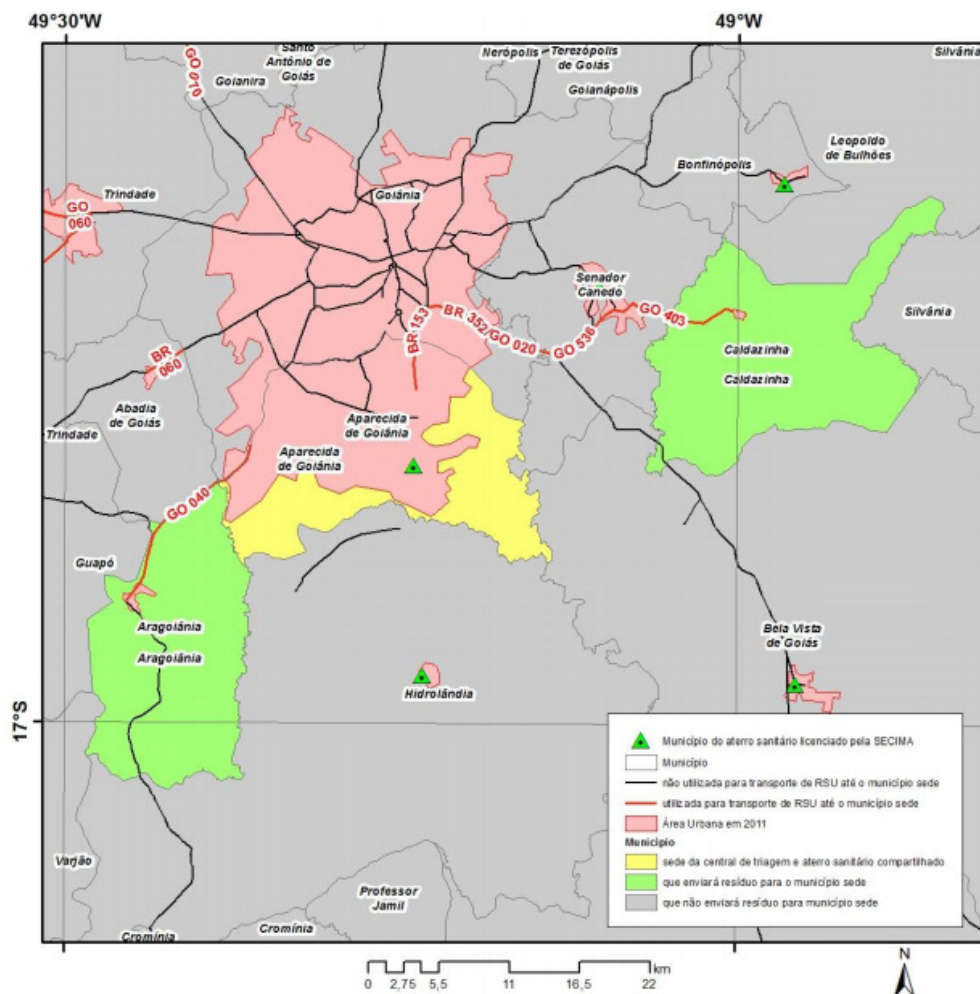
Figura 7 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Anápolis para a Região Centro Goiano



Na Figura 8 se apresenta a proposta de compartilhamento de aterro sanitário no município de Aparecida de Goiânia como cidade sede do agrupamento de Aragoiânia e Caldasinha (SECIMA, 2015a).

Figura 8 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Aparecida de Goiânia para a RMG

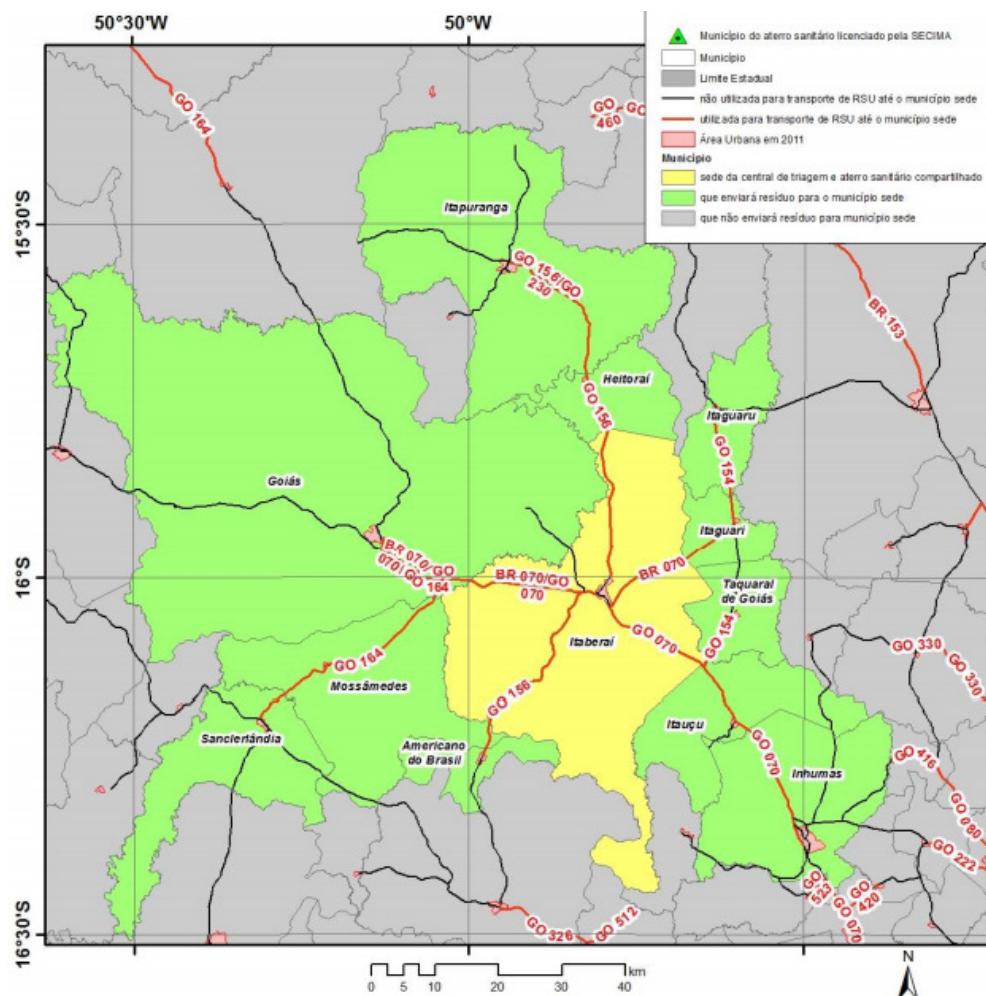
Fonte: (SECIMA, 2015a)



Na Figura 9 se apresenta a proposta de compartilhamento de aterro sanitário no município de Itaberaí como cidade sede do agrupamento de mais 11 municípios, incluindo Inhumas, o qual pertence à RMG (SECIMA, 2015a).

Figura 9 – Proposta de aterro sanitário compartilhado em Itaberaí para a Região Noroeste Goiano

Fonte: (SECIMA, 2015a)



E ainda existe um aterro privado, da empresa Resíduo Zero, que está sendo instalado no município de Guapó, e que pode compartilhar resíduos em um raio de 60 km no entorno desse aterro, como o Plano Estadual bem colocou, para não inviabilizar economicamente em função de maiores distâncias. Dentro desta perspectiva, esse aterro pode receber resíduos de Guapó, Aragoiânia, Abadia de Goiás e demais municípios vizinhos. Esse aterro tem uma previsão de 20 anos de vida útil, a 15 km do centro da cidade de Guapó e a 7 km do centro de Aragoiânia (RESÍDUO ZERO, 2017).

3.4 FORMAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU

Segundo a PNRS, existem duas formas de disposição final de RSU: a ambientalmente inadequada e a adequada, sendo somente esta última segura e permitida em lei.

3.4.1 Disposição final inadequada

A disposição final ambientalmente inadequada é aquela em que os critérios legais e normativos de engenharia e de proteção do solo, da água e do ar não são atendidos em sua integralidade, e que são citados na bibliografia na forma de lixão ou de aterro controlado.

3.4.1.1 Lixão ou aterro controlado

Lixão, como é mostrado nas Figura 10 e Figura 11, é a forma mais inadequada de disposição final de RSU que existe, caracterizada pela descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, sem nenhum controle, atraindo vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos), mau cheiro, poluição do solo e das águas por meio do lixiviado.

Figura 10 – Lixão de Gramacho - Duque de Caxias – RJ



Fonte: SEA (2011)

Figura 11 – Lixão da Estrutural em Brasília-DF



Fonte: Sandro Araújo - CEDOC (2013)

O aterro controlado foi preconizado pela norma NBR 8.849/1985 e aceito durante 30 anos, até seu cancelamento em 15 de junho de 2015 (ABNT, 2015), após a PNRS em 2010 não admitir mais essa modalidade. Tratava-se de uma modalidade, em que tentava-se mitigar os impactos da disposição de resíduos com o cercamento da área, cobertura dos resíduos e drenagem dos chorumes. Contudo, a impossibilidade de impermeabilização permitia a infiltração dos lixiviados e daí a contaminação do solo e das águas. Atualmente, a forma de aterro controlado é considerada legalmente como lixão, não havendo portanto, diferenciação entre essas formas.

3.4.2 Disposição final adequada

No Brasil, são aceitas duas formas de disposição final ambientalmente adequada de RSU: os aterros sanitários (ABNT, 1997) e os aterros sanitários de pequeno porte - ASPP (ABNT, 2010).

3.4.2.1 Aterro sanitário

É a modalidade ambientalmente adequada de disposição final de RSU com capacidade voltada para qualquer porte, a qual será detalhada em todas as suas unidades no item 3.5.

3.4.2.2 Aterro sanitário de pequeno porte

É a modalidade simplificada de aterros sanitários que visa a otimização de custos e melhor operacionalização das instalações para municípios com pouca geração de resíduos. Possuem configuração do tipo trincheira com capacidade de até 20 t diárias, conforme NBR 15.849/2010 (ABNT, 2010). Uma das simplificações é a dispensa de impermeabilização artificial (por manta), desde que o terreno apresente características que não venham a representar risco de contaminação do solo e da água. No Quadro 5 são apresentados diferentes tipos de ASPP.

Quadro 5 - Algumas características de diferentes modalidades de aterros sanitário de pequeno porte para RSU

Elementos	Aterro em valas ¹	Aterro sanitário simplificado ²	Aterro Manual ³	Aterro sustentável ⁴
População máxima a ser atendida	25.000 hab.	20.000 hab.	30.000 hab.	20.000 hab.
Peso máximo de resíduos depositado por dia	10 t/d	20 t/d	15 t/d	20 t/d
Método construtivo para o confinamento	Valas	Trincheiras e aterramento celular	Área e Trincheiras	Trincheiras
Profundidade do aterro	$\cong 3m$	$p \leq 4m$	2 a 4m	2 a 3m
Sistema de drenagem de gás	Não existente	Não existente	Existente	Existente
Sistema de drenagem de chorume	Não existente	Não existente	Existente	Existente
Forma de compactação dos resíduos sólidos	Manual	Manual	Uso de equipamentos manuais	Uso de equipamentos manuais
Grau de compactação	500kg/m ³	400kg/m ³	400-500kg/m ³	* 500kg/m ³
Tipo de solo recomendado para se implantar o aterro	Argila	Argila	Argila	Argila

Obs: (1) CETESB (1997); (2) CONDER (2000); (3) CEPIS/OMS (1991) (4) PROSAB, 2003. (*) Dados referentes ao aterro sustentável implantado em Catas Alta/MG (Fonte: PROSAB, 2003).

Fonte: BELLEZONI, R. A. et al, 2011.

O aterro sanitário em valas, adotado pelo Estado de São Paulo, trata-se de trincheiras estreitas e compridas, abertas por equipamento do tipo retroescavadeira (Figura 12), com uma das margens livre para o acesso dos caminhões de coleta que farão a descarga dos resíduos (Figura

13). A legislação limita esse tipo de técnica para municípios com geração de até 10 t/dia de RSU. Ao final da descarga, os resíduos são cobertos e nivelados manualmente, sem compactação (Figura 13 e

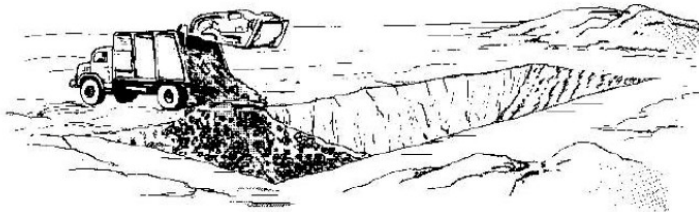
Figura 14).

Figura 12 - Abertura de valas estreitas e compridas, com acúmulo de terras apenas em um dos lados.



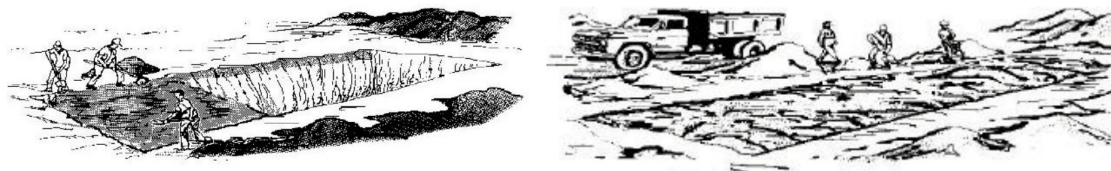
Fonte: SMA/CETESB (2005).

Figura 13 – Os resíduos são descarregados em um único ponto de vala, até que esteja totalmente preenchido.



Fonte: SMA/CETESB (2005).

Figura 14 – Cobertura e nivelamento de valas.



Fonte: SMA/CETESB (2005).

Figura 15 - Descarga e recobrimento de resíduo em aterro por vala.



Fonte: CARMO JUNIOR (2012).

3.5 ATERRO SANITÁRIO

Segundo a NBR 8.419/1992 (ABNT, 1992), o aterro sanitário de RSU é:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos, 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).

Segundo a NBR 13.896/1997 da ABNT, recomenda que todo aterro sanitário seja construído com vida útil mínima de 10 anos, com monitoramento pós encerramento por também pelo mesmo período (ABNT, 1997). Contudo, devido a dificuldade de encontrar novas áreas, tem-se projetado aterros para um mínimo de 20 anos (REICHERT, 2007) e a Resolução Conama Nº 404/2008, exige o mínimo de 15 anos para ASPP, e já se fala em monitoramentos ambientais de 30 ou 50 anos no Brasil. Todo aterro sanitário deve conter controles administrativos, técnicos e operacionais; formas de proteção do meio ambiente, dos trabalhadores e da população do entorno, cujo detalhamento das respectivas unidades serão apresentadas nos subitens a seguir.

3.5.1 Características físicas das áreas de disposição final de RSU

Para a instalação de novos aterros é preciso proceder uma correta seleção de áreas utilizando ferramentas de análise multicriterial, que além do cumprimento legal e normativo, deve priorizar áreas menos vulneráveis à contaminação, que não esteja tão distante dos centros de coleta, dentre outros quesitos como a amenização do efeito NIMBY (REICHERT, 2007), já que à medida que cresce a população, tal efeito é inevitável, e o conflito entre o desenvolvimento urbano e a gestão de aterros se torna intenso (TAMMEMAGI, 1999). Segundo a NBR 13.896/1997, todo local de instalação de um aterro sanitário de resíduos não-perigosos deve ser tal que:

- “a) o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado;
- b) a aceitação da instalação pela população seja maximizada;
- c) esteja de acordo com o zoneamento da região;
- d) possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação. ” (ABNT, 1997, p. 2).

No Quadro 6 se apresentam as considerações técnicas para instalação de aterro sanitário.

Quadro 6 – Considerações técnicas na seleção de área para instalação de aterro de RSU

Critério	NBR 13.896/1.997 (ABNT, 1997)	Resolução CEMAm Nº 5/2014 (CEMAm, 2014)	Reichert (2007)
Declividade do terreno (%)	$1\% < i \leq 30\%$ $i > 30\%$ anuência do OCA.	$1\% < I \leq 20\%$	
Vida Útil	10 anos	15 anos	De 20 a 25 anos
Zoneamento ambiental	Áreas sem restrições no zoneamento ambiental.	Anuência do órgão gestor da unidade (Conama 428/2010): > 3 km de atividades de impacto ambiental significativo. > 2 km de atividade que não são exigidos o EIA/RIMA, cuja UC não tiver definida sua zona de amortecimento no período de 5 anos	
Zoneamento urbano	áreas de uso conforme legislação local de uso do solo. Áreas devolutas ou pouco utilizadas..	áreas de uso conforme legislação local de uso do solo, fora de Reserva Legal e em local que preferencialmente não precise ser desmatado.	Uso rural e industrial, e fora de qualquer Unidade de Conservação.
Vegetação	Do tipo favorável à redução de erosão, formação de poeiras e transporte de odores. Faixa 10 m <i>non edificant</i>	Cinturão verde no perímetro da área. Faixa de proteção sanitária > 20 m, em todo o perímetro da área. Podendo ser utilizada como cinturão verde.	
Núcleo populacional	Superior a 500 m. A distância pode ser alterada a critério do OCA.	> 3.000 m do perímetro urbano. $1.500 < d < 3.000$ m na presença de barreiras físicas, incluindo floresta plantada, de 200 m de largura em toda extensão da área. > 500 m de domicílios rurais.	> 1.000 m de núcleos residenciais urbanos que abriguem > 200 hab.
Distância aos cursos d'água (córregos, nascentes, etc)	> 200 m de qualquer corpo hídrico, com possibilidade de alteração pelo OCA.	> 300 m de qualquer corpo hídrico. > 2.500 m do ponto de captação e > 500 m do corpo hídrico de fontes de abastecimento	> 200 m de rios, lagos, lagoas e oceanos. > 50 m dos demais
Distância do Lençol Freático	> 1,50 m (entre base do aterro e nível máximo do lençol) de solo insaturado.	> 5,0 m de solo insaturado (entre base do aterro e nível máximo do lençol). $5 < d < 1,5$ m podem ser admitidas desde que respeitado o limite máximo de excedente hídrico (mm/ano)	> 2 m (com manta plástica) ou > 3 m (impermeabilização com argila).
Geologia e Tipos de Solo	Desejável a existência de depósitos naturais com coeficiente de permeabilidade $< 10^{-6}$ cm/s e uma zona não saturada > 3m. O aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s;		Preferível solos argilosos e jamais arenosos, com jazidas de material de cobertura nas proximidades.
Caracterização Climatológica	Não deve ser implantado em área sujeita a inundação, em período de recorrência de 100 anos.	Série histórica disponível correspondente ao maior período de observação da precipitação e evapotranspiração, cujo período de dados deverá ser no mínimo igual à somatória da vida útil de projeto e monitoramento pós encerramento.	
Área de Segurança Aeroportuária		20 km sujeito à anuência do Órgão Gestor, conforme Lei 12.725, de 16/out/2012.	Não próx. a aeroportos e aeródromos..

Fonte: IPT/CEMPRE (2002), ABNT (2010), CEMAm (2014), Reichert (2007). Organizado pelo Autor.

Para ASPP, além dos critérios da NBR 13.896/1997, a área deve ter vida útil mínima de 15 anos, sendo dispensável a elaboração EIA/RIMA e indispensável a implantação de sistema artificial impermeabilizante desde que não seja ultrapassado o excedente hídrico previsto para o local dependendo do coeficiente de permeabilidade do solo e profundidade do lençol freático para diferentes percentuais de frações orgânicas para o aterro, segundo a NBR 15.849/2010, e será estudado com mais detalhes no item 3.5.4.3.4.

Mesmo sendo uma fase antecedente, a seleção de área não pode estar dissociada da elaboração do projeto do aterro sanitário (IPT/CEMPRE, 2002). Uma boa avaliação espacial é importante tanto para seleção de áreas para novos aterros quanto para a continuidade da disposição final na área atual, e será melhor estudada no 3.8.

Quanto à proximidade de núcleos habitacionais, o Estado de São Paulo, exigiu para aterros sanitários em valas, a distância de 500 m, e de áreas urbanas, de 2.000 m (SMA/CETESB, 2005). Já, para o Estado de Goiás, a Resolução CEMAm Nº 5/2014, em seu Anexo Único, item 3.1, exigiu uma série de critérios mais restritivos que a NBR 13.896/1997, voltados para SDF para município ou conjunto de municípios, cujo somatório de população fosse inferior a 100 mil habitantes, conforme pode ser observado no Quadro 6.

É importante também deixar claro, que nem todo município possuirá ou deve possuir área de disposição final em seus limites. É preciso investigar a segurança ambiental de todas áreas. Em São Paulo, por exemplo, de 642 municípios, 216 municípios dispõem seus RSU em outras localidades, o equivalente a 33,64% (SMA/CETESB, 2014).

Como o processo de seleção de áreas para instalação de aterros sanitários envolve o atendimento de vários critérios, é preciso utilizar um método de análise multicriterial (MAMC) para encontrar a melhor área possível para esse fim. O MAMC será melhor estudado no item 3.10.

Quanto à outras características do local devem ser observados ainda a capacidade suporte e a disponibilidade e qualidade de material para recobrimento dos resíduos, descritas a seguir.

3.5.1.1 Capacidade de suporte

A capacidade de carga de um solo é a máxima tensão que o solo é capaz de suportar antes de sua ruptura. Segundo Pinto (2000), a ruptura dos solos é quase sempre um fenômeno provocado por tensões de cisalhamento. Portanto, podemos definir resistência do solo como “a resistência

ao cisalhamento, ou seja, a máxima tensão de cisalhamento que o solo é capaz de suportar sem sofrer ruptura, ou a tensão de cisalhamento do solo no plano em que a ruptura estiver ocorrendo” (PINTO, 2000).

Geralmente, a estimativa de capacidade de carga é fornecida nos perfis geotécnicos obtidos em sondagens a percussão. Os perfis geotécnicos fornecem os diferentes extratos de solo que compõe o terreno, suas resistências e a posição do nível de água. Para efeito da aplicação do IQA, considera adequada a capacidade de suporte de solo, aquele solo que apresentar “capacidade compatível com o peso da massa de resíduos depositada, com a velocidade de disposição dos resíduos e com o tráfego de máquinas pesadas” (FARIA, 2002).

Para aterros por trincheira ou superficiais de menores alturas, de 15 a 20 m de altura, de 2 a 3 camadas, são dispensadas a avaliação sobre a capacidade suporte, desde que o aterramento não seja sobre solos moles, que sejam obedecidas as inclinações dos taludes em 1V:2H, que haja construção de bermas a cada camada de 5 m de altura, com largura mínima de 3 m para passagem de equipamentos (CETESB, 2016; REICHERT, 2007).

3.5.1.2 Disponibilidade de material para recobrimento

Como existe a necessidade de recobrimento diário das células sanitárias, é desejável que haja no local área de empréstimo suficiente para as coberturas ou em suas proximidades, visto que a necessidade de transporte desse material de áreas longínquas pode inviabilizar a operação do aterro sanitário, devendo ser indicado a devida área de empréstimo em projeto (ABNT, 1992).

3.5.1.3 Qualidade do material para recobrimento

Além da disponibilidade, é necessário avaliar a qualidade do material para recobrimento. É considerada como de boa qualidade, os solos argilo-arenosos compostos por 50% areia, 25% argila e 25% silte (FARIA, 2002).

3.5.2 Tipos de método construtivo

Basicamente, são 3 os métodos construtivos de aterros sanitários: trincheira, área e rampa.

3.5.2.1 Aterros por trincheira

Método em que o solo é escavado e os resíduos ficam confinados abaixo do nível da cota do terreno (Figura 16), o qual é indicado para pequenos e médios municípios.

Figura 16 - Aterro de Palmeira (PR) do tipo trincheira



Fonte: PONTA GROSSA AMBIENTAL (2008)

O aterro por trincheiras tem a vantagem de causar um menor impacto visual, porém não é aconselhável para locais em que o lençol freático é raso, com profundidade menor que 2 m.

3.5.2.2 Aterros por área

Também conhecido como “bolo de noiva”, o método de aterramento por área é aquele em que o maciço de resíduos fica acima da cota do terreno. Tal formato é indicado por um questão de maior estabilidade ao construir taludes menores, com níveis entre um talude e outro, sendo possível dar manutenção nos drenos de água pluvial, na cobertura e demais estruturas, facilitando a passagem dos maquinários. Na Figura 17 se apresenta um aterro por área.

Figura 17 - Foto aérea do Aterro Sanitário Bandeirantes – SP



Fonte: LOGA (2016)

O aterro por trincheiras tem a vantagem de poder ser instalado em locais onde o lençol freático é raso, contudo precisa de uma capacidade suporte de solo maior que no método anterior. A desvantagem é o grande consumo de material de cobertura, de material estruturante para os drenos de gás e de chorume (pedra rachão e britas), cuidado redobrado com a compactação, conformidade das células e monitoramento da estabilidade dos maciços. Há uma grande preocupação com a resistência do mesmo ao cisalhamento e os recalques, principalmente nos casos dos diferenciais.

3.5.2.3 Aterros por rampa

O método do aterro por rampa é aquele em que o mesmo é erguido apoiado em taludes naturais, como encosta de morros, e é indicado para locais acidentados, como o de Maceió-AL apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Aterro Sanitário de Maceió – AL

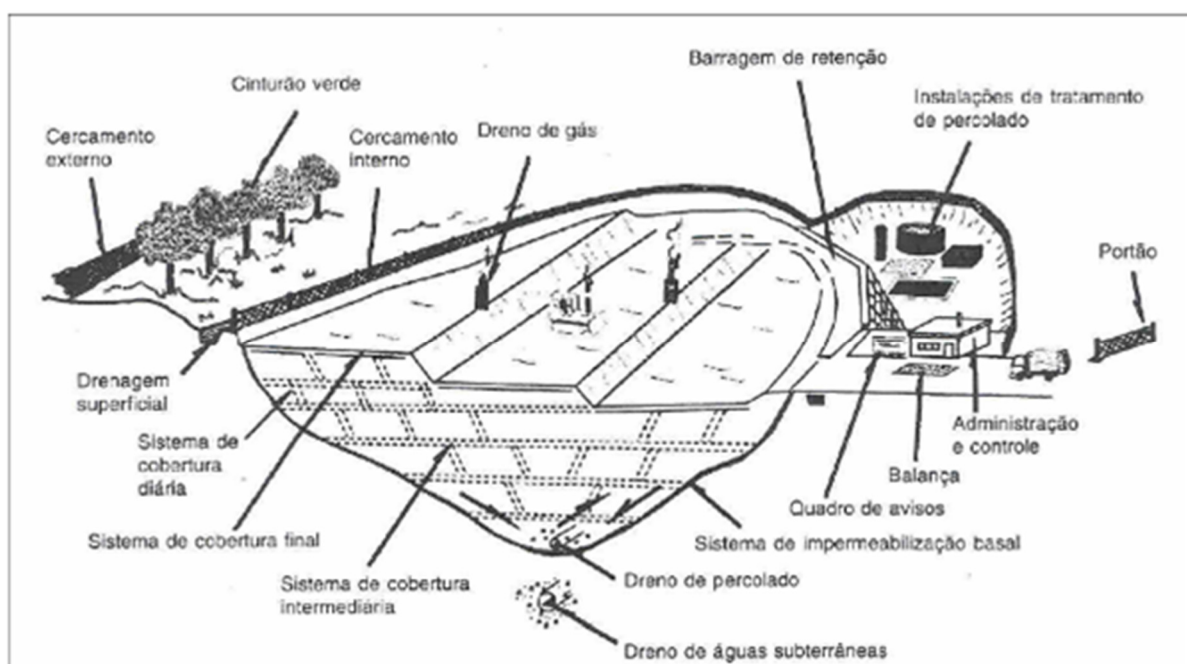


Fonte: Bairros de Maceió (2010)

3.5.3 Concepção e projeto

Nesta etapa são elaborados os documentos do aterro, detalhamentos do projeto, plantas e cortes, estudada sua construção, operação, manutenção e gestão, considerando os desafios atuais referentes à eficiência e sustentabilidade dos sistemas. Na Figura 19 se apresentam todas as unidades e aspectos que precisam ser contemplados no projeto de um aterro sanitário e que serão estudados nos demais itens a seguir.

Figura 19 - Perfil esquemático de um aterro sanitário



Fonte: IPT/CEMPRE (2002)

3.5.4 Infraestrutura e demais aspectos de um aterro sanitário de RSU

Segundo Ibam (2001), além de pessoal especializado, a instalação de um aterro sanitário de RSU deve conter no mínimo: instalações de apoio, estruturais, de controle operacional e de controle ambiental, sistemas de monitoramento ambiental, equipamentos, plano de fechamento e a definição do uso futuro da área após seu encerramento.

3.5.4.1 Pessoal

O primeiro tipo de profissional necessário para a concepção do projeto de um aterro, licenciamento, instalação, operação, monitoramento e encerramento, é o responsável

responsável técnico (RT) de nível superior, no caso os engenheiros que possuem essa atribuição: engenheiro civil, ambiental e sanitarista, e que tenham habilitação junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia. Dependendo do porte do aterro, o engenheiro de campo pode trabalhar em tempo parcial e além deste profissional, no aterro deve haver (FEAM, 2006):

- encarregado-geral, que trabalhe em regime integral e seja responsável pelo controle geral da operação do aterro;
- profissional de segurança do trabalho (engenheiro e/ou técnico) para gerenciamento dos riscos ambientais e operacionais, distribuição e treinamentos quanto ao uso correto e frequente de equipamentos de proteção individual (EPI) e de proteção coletiva (EPC), responsáveis pela gestão da saúde e segurança dos trabalhadores;
- auxiliares de operação, para auxílio aos operadores de máquinas e controle e encaminhamento dos caminhões da coleta de resíduos até a frente de operação;
- operadores de trator esteira e de máquinas de terraplanagem;
- motorista de caminhão basculante e de caminhão-pipa;
- topógrafo e auxiliares para demarcação e monitoramento periódico da frente de operação;
- auxiliares de serviços gerais para plantio de grama, urbanização, roçagem, manutenção e limpeza do empreendimento;
- auxiliares administrativos para controle de entrada e pesagem dos resíduos, além de gestão de documentos do aterro e dos geradores que destinam seus resíduos para esse local, documentação de funcionários, licença ambiental e outros procedimentos administrativos; e
- vigias.

3.5.4.2 Instalações de apoio

As instalações de apoio visam garantir um suporte para o bom funcionamento das instalações estruturais de um aterro sanitário.

3.5.4.2.1 Cercamento

O cercamento é uma recomendação de extrema importância da NBR 13.896/1997 no sentido de delimitar a área do aterro, sob dois aspectos. Primeiro de impedir a entrada de animais, catadores e população em geral, visto que o aterro é uma área de risco ambiental que precisa

ser dotado de controles para assegurar a devida proteção ambiental e à saúde, e um desses controles é a entrada e saída de pessoas e de materiais. Outro sentido é de delimitar a área das dependências do aterro, a fim de que não haja operação fora desses limites.

3.5.4.2.2 Restrição do acesso a catadores

Os catadores de materiais recicláveis são trabalhadores que possuem um importante papel socioambiental na sociedade. No entanto, como todo tipo de trabalhador, precisa ter sua saúde e segurança asseguradas.

A prática de catação realizada pela presença de catadores nas áreas de descargas de resíduos deve ser impedida de modo a preservar a saúde e a segurança desses trabalhadores, visto que o contato direto com os resíduos favorece a proliferação de doenças aos seres humanos, devido à grande quantidade de bactérias, vírus e protozoários presentes nos resíduos sólidos (FUNASA, 2004). Além do mais, vários casos de acidentes com maquinários e catadores, já foram registrados, inclusive com morte.

3.5.4.2.3 Portaria/guarita

A NBR 13.896/1997 também exige a instalação de portão junto ao qual deva existir uma forma de controle de acesso. O portão deve estar fechado fora dos dias e horários de expediente.

A portaria/guarita deve ser a única forma de acesso de veículos e pessoas ao local de forma a manter o registro de entrada e saída dos mesmos. Nessa instalação de apoio deve existir o controle de funcionários, visitantes, tomadores e prestadores de serviço. Os veículos devem ter placa, marca/modelo e cor anotados, assim como a documentação do motorista, e a inspeção prévia do tipo de resíduo a ser autorizado a disposição final. Ainda nessa instalação devem ser mantidos os(as) Controles/Certificados/Certidões de Transporte de Resíduos (CTR).

A portaria/guarita também tem a função de não aceitar a entrada de resíduos inflamáveis, reativos ou que contenham líquidos livres, conforme NBR 12.988/1993 (ABNT, 1993).

3.5.4.2.4 Cinturão verde e isolamento visual

O cinturão verde tem a função de mitigar os aspectos indesejáveis do ponto de vista estético-visual, de mau cheiro, barulho, poeiras e materiais particulados. A faixa de vegetação no

entorno do aterro, portanto, serve para permitir um isolamento visual da área, bloquear possíveis emissões de odor que pode ser amenizado com a troca de gases proporcionado pela vegetação, e ainda como bloqueio quanto ao espalhamento de elementos dispersos pelo vento, poeira e barulho dos maquinários. Portanto, um tipo de controle de poluição visual, atmosférica e sonora.

As espécies mais comuns encontradas no cinturão verde são: Sansão-do-campo e Eucalipto.

Esse cinturão, considerada uma faixa de proteção sanitária, deve apresentar uma faixa *non-aedificant*, de no mínimo 10 m de largura (ABNT, 1997).

A Resolução CEMam Nº 5/2014 exige o mínimo de 20 m de faixa sanitária, que pode ser utilizada como cinturão verde, para aterros sanitários simplificados a municípios ou consórcio entre municípios cujo somatório da população seja no máximo de 100 mil habitantes.

Algumas localidades delimitam uma zona de amortecimento no entorno do aterro sanitário numa largura de 500 m. Pode ser citado o caso do município de Goiânia, que por meio da Lei Complementar Nº 246, de 29 de abril de 2013, delimitou como Área de Segurança e Proteção, as faixas contíguas ao perímetro da estação de tratamento de esgotos, das lavras de pedreiras e do aterro sanitário, conforme largura citada. Nessas áreas, não é liberado uso do solo para fins habitacionais, podendo somente atividades de uso sustentável compatíveis com a mitigação de impactos ambientais desses empreendimentos, com o mínimo de 200 m de barreira vegetal.

Em São Paulo para municípios até 25.00 habitantes, é exigido uma faixa de 5 a 10 m.

O isolamento visual ainda pode ser garantido por meio de barreiras físicas como morros nas proximidades, o que inibe o efeito de aspecto indesejável por parte da população.

3.5.4.2.5 Balança e sistema de controle de resíduos

O controle de recebimento de cargas é uma atividade de extrema importância para a operação do aterro. É nessa instalação que são quantificados os resíduos que serão aterrados. A quantificação ideal é realizada em peso, sendo a balança com registro digital e automático a forma ideal de registro de cargas. As instalações, que não possuem balança, no mínimo devem realizar o registro do volume por meio da medição das caçambas, e então realizada uma estimativa em peso baseado no peso específico dos RSU que entram naquele aterro. O ideal é que seja realizado a caracterização físico-química e bacteriológica dos resíduos conforme

“plano rotineiro de amostragem e análise de resíduos”, recomendado pela NBR 13.896/1997 referenciando inclusive a norma NBR 10.007/2004 para adoção do método de amostragem.

A partir das pesagens e das caracterizações gravimétricas dos resíduos é possível verificar o atendimento da política de gestão do município ou do consórcio de municípios quanto ao cumprimento das metas de redução da geração de resíduos e dos percentual de resíduos recicláveis secos e resíduos úmidos dispostos em aterros, proposta pela PNRS em 2010, e do PLANARES, em 2012. Vale lembrar que, as metas iniciais dessas frações respectivamente, para a Região Centro-Oeste, previstas para 2015, foram de 13% e 15% de redução, passando para 15% e 25% até 2019, até o alcance da meta final em 2031, para 25% e 50% (MMA, 2012).

O principal objetivo é o controle da quantidade e qualidade dos resíduos que serão aterrados ao longo da vida útil do aterro, além de permitir a cobrança de valores aos geradores, permitindo assim receitas para manutenção, e controle na geração dos resíduos, responsabilizando este ator pela aplicação do princípio do poluidor pagador.

Deve existir nessa instalação um controle de entrada de outros tipos de resíduos como:

- **Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde (RSS):** por apresentarem alto grau de periculosidade à saúde humana, não podem ser dispostos em aterros sanitários de RSU. Segundo a RDC ANVISA Nº 33/2003 e a Resolução CONAMA Nº 358/2005, fica proibido que resíduos dos grupos A (infectocontagiosos), B (químicos), C (rejeitos radioativos) e E (perfurocortantes) sejam enviados a Aterros Sanitários Classe II – Não Perigosos. Esses tipos de resíduos precisar receber tratamento prévio específico para cada um de seus tipos e serem dispostos em aterros licenciados para essa finalidade. A presença de RSS pode representar um risco à saúde pública ao permitir a proliferação de microorganismos patógenos espalhados por vetores, risco à saúde dos trabalhadores e risco ao meio ambiente ao entrarem em contato com o solo e água sem que o sistema de tratamento de efluentes tenha sido preparado para tratar seus componentes. Riscos como doenças, cortes, perfurações, contato de antibióticos e medicamentos, podem ser mencionados. Os RSS somente podem ser dispostos em aterros sanitários de RSU, após o devido tratamento e com a devida anuência do OCA, e deve seguir, além das legislações citadas anteriormente, as recomendações das normas NBR 12.807/2013, 12.808/2016 e 12.809/2013 da ABNT; e

- **Resíduos Sólidos Industriais (RSI):** da mesma forma, sua descarga não é admitida numa ADF de RSU, visto que a maioria dos RSI são compostos por resíduos perigosos e portanto, apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Tais resíduos necessitam de destinação final, tratamento e disposição final específicos a resíduos perigosos. Segundo a NBR 10.004/2004, aqueles resíduos que apresentam características como corrosividade, patogenicidade, inflamabilidade, radioatividade e toxicidade são considerados perigosos, da Classe I, e não podem ser dispostos em aterros sanitários do tipo Classe II – Não Perigosos. Somente os resíduos gerados na indústria que apresentarem características similares aos RSU é que podem ser dispostos em aterros sanitários, como os de refeitório, copa, escritórios e banheiros.

3.5.4.2.6 Sinalização

O aterro deve ser sinalizado em toda a sua área, devendo estar presente (IPT/CEMPRE, 2002):

- na cerca contendo os dizeres “PERIGO – NÃO ENTRE”;
- nas instalações contendo o nome da instalação e avisos de segurança do trabalho contendo os riscos e cuidados operacionais;
- próximo às células sanitárias identificando o tipo da célula e os resíduos destinados àquele local, tanto naquelas em operação quanto naquelas já encerradas;
- no sistema de tratamento dos efluentes; e
- nas vias de acesso indicando a direção e sentido do fluxo de veículos, assim como a velocidade permitida.

As placas de sinalização devem possuir pintura refletiva a fim de serem vistas dioturnamente.

3.5.4.2.7 Iluminação e energia elétrica

As instalações devem possuir energia elétrica que permitam o funcionamento dos equipamentos como balança, computadores, cameras de segurança (quando necessário), iluminação das vias e da frente de operação nas células sanitárias, bombas de sucção e recalque, compressores (IPT/CEMPRE, 2002).

O fornecimento de energia deve ser provido 24 horas nos 7 dias da semana de modo a permitir a operação, e ainda ações de emergência no caso da ocorrência de incêndios, derramamento de líquidos, contenção de materiais.

3.5.4.2.8 Acessos

De acordo com a NBR 13.896/1997, os acessos internos e externos do aterro sanitário devem ser implantados, protegidos e mantidos de maneira a permitir sua utilização em toda sua vida útil. Deve haver, portanto, uma manutenção constante desse sistema. Respeitadas as distâncias a núcleos habitacionais, o aterro sanitário deve estar localizado a uma menor distância do centro de geração de resíduos, de modo a evitar maiores gastos com transporte de resíduos (FARIA, 2002) e evitar que haja descargas clandestinas entre o centro de geração e o aterro sanitário.

O sistema viário-trânsito-acesso deve possuir condições de boa trafegabilidade para caminhões e equipamentos, de modo que facilite o transporte de resíduos até o local.

Ainda os acessos internos devem ser mantidos em boas condições mesmo em qualquer condição climático ao longo do ano. Faria (2002) sugere uma rampa máxima de 8% de acesso a veículos.

3.5.4.2.9 Demais instalações de apoio administrativa e operacional

Além do mais, todo aterro sanitário deve possuir escritório, sanitário, vestiário, copa ou refeitório (no caso de impossibilidade de deslocamento a outros locais) (REICHERT, 2007).

3.5.4.3 Instalações estruturais

A seguir tem-se as principais instalações estruturais que compõem um aterro sanitário.

3.5.4.3.1 Célula sanitária

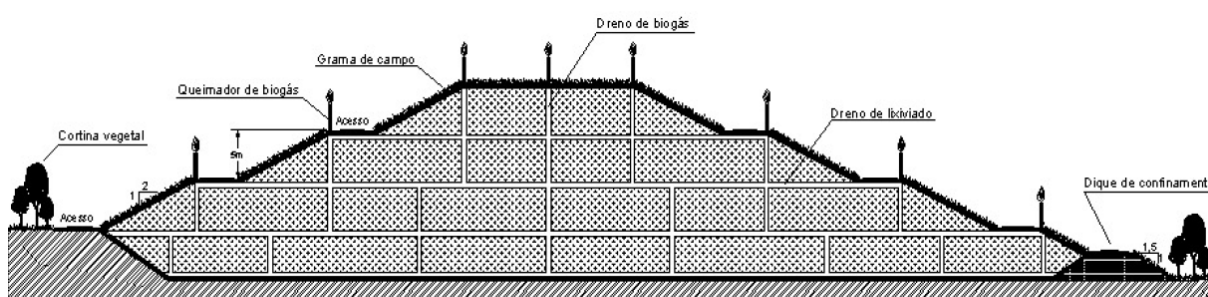
Local específico para a descarga, espalhamento, compactação, confinamento e depósito dos resíduos. A soma de todas as células sanitárias, correspondente à área útil do aterro destinada de fato para a disposição final dos resíduos.

3.5.4.3.2 Maciço solo-resíduos

O maciço é o nome que se dá ao volume constituídos por resíduos bem compactados, solos que garantam o cobrimento e drenos de gases e lixiviados, que no caso dos aterros em rampa ou por área, possuem formato composto por taludes e bermas, elevados de forma segura.

Na Figura 20 é representada a seção transversal de um aterro sanitário concluído, adotando a geometria de taludes, restringindo os usos futuros da área.

Figura 20 - Seção transversal final típica de um aterro sanitário



Fonte: Reichert (2007)

3.5.4.3.3 Frente de operação

A frente de operação é o local no interior do maciço, e que deve apresentar dimensões compatíveis com a quantidade diária de resíduos a serem aterrados, a fim de evitar compactação inadequada da massa de resíduo, espalhamento pelo vento, atração de vetores como aves e moscas, emissão de odores e maior área de percolação de águas pluviais (CETESB, 2016).

É recomendado o acesso livre à frente de operação durante todas as épocas do ano, incluindo a chuvosa, de forma que permita a movimentação dos maquinários. É sempre preferível a menor frente de trabalho possível a fim de evitar proliferação de moscas e odores, e permitir uma maior otimização e conformação geométrica do aterro, conforme dimensões sugeridas no Quadro 7.

Quadro 7 - Dimensões da célula diária em função da quantidade de resíduos aterrados

Peso (t/dia)	Volume (m³/dia)	Altura (m)	Comprimento e Largura (m)	Área Superior
20	29	2,0	3,8	(60 m²) – 8 x 8 m
30	43	2,0	4,6	(76 m²) – 9 x 9 m
40	57	2,0	5,3	(92 m²) – 10 x 10 m
50	71	2,0	6,0	(108 m²) – 10 x 10 m
100	143	2,5	7,5	(170 m²) – 13 x 13 m
150	214	3,0	8,5	(225 m²) – 15 x 15 m
200	286	3,0	9,8	(272 m²) – 17 x 17 m
250	357	3,5	10,1	(314 m²) – 18 x 18 m
500	714	4,5	12,6	(500 m²) – 22 x 22 m

OBS.: As medidas foram aproximadas visando à facilidade de aplicação prática.

Fonte: CETESB (2016)

3.5.4.3.4 Impermeabilização

Segundo a NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997), a impermeabilização é:

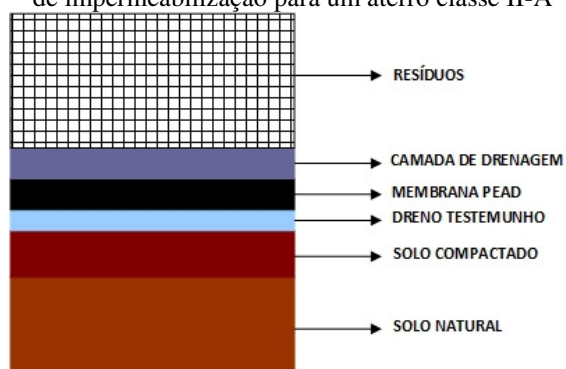
“a deposição de camadas de materiais artificiais ou naturais, que impeça ou reduza substancialmente a infiltração no solo dos líquidos percolados, através da massa de resíduos.” (ABNT, 1997).

É um dos principais componentes de proteção ambiental de um aterro sanitário com a função de impedir a infiltração de percolato dos resíduos para o solo e ao lençol freático.

É desejável que o aterro seja instalado em áreas com depósito natural extensor e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura mínima de 3 m. No caso de impermeabilização natural, a camada impermeabilizante deve atender aos valores anteriores, podendo apresentar o coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s (ABNT, 1997).

Dentre as geomembranas, a mais utilizada nos Estados Unidos, Alemanha e Brasil, tem sido a de polietileno de alta densidade (PEAD) de 2 mm, por ser mais resistente, durável e compatível com diversos tipos de resíduos (FARIA, 2002), e que é exigida quando o terreno não possuir essas condições e quando o aterro for considerado de médio a grande porte, devendo ser instalada acima da camada natural compactada, conforme indicado na Figura 21, com aplicação conforme indicado na Figura 22.

Figura 21 - Desenho esquemático em corte da camada de impermeabilização para um aterro classe II-A



Fonte: UFRGS (2016).

Figura 22 - Aplicação de manta PEAD para impermeabilização inferior e lateral



Fonte: VEOLIA (2017).

Já a impermeabilização superior, com uso de manta, é opcional. Contudo, aterros impermeabilizados na base, nas laterais e em seu topo apresentam maiores eficiências para aproveitamento energético do biogás e para impedimento de infiltração de águas pluviais, como no caso do Aterro da Central de Tratamento de Resíduos (CTR-PE), localizado na rodovia BR-101 Norte, km 28,5, na zona rural de Igarassu, como pode ser visto na Figura 23.

Figura 23 - Impermeabilização superior do aterro sanitário da CTR-PE



Fonte: Autor (2012). Visita na CTR-PE em novembro de 2012.

No Quadro 8 são apresentados os critérios que dispensam a impermeabilização desses aterros, podendo ser utilizado como ferramenta, o aplicativo de estimativa de excedente hídrico, pelo INMET.

Quadro 8 - Critérios para a dispensa de impermeabilização complementar

Limites máximos do excedente hídrico ^a (EH, mm/ano) para dispensa da impermeabilização complementar ^b		Fração orgânicos resíduos $\leq 30\%$				Fração orgânica dos resíduos $\geq 30\%$			
		Profundidade do freático (m)				Profundidade do freático (m)			
		$1,50 < n \leq 3$	$3 < n \leq 6$	$6 < n \leq 9$	$n \geq 9$	$1,50 < n \leq 3$	$3 < n \leq 6$	$6 < n \leq 9$	$n \geq 9$
Coeficiente de permeabilidade do solo local k (cm/s)	$K < 1 \times 10^{-8}$	250	500	1000	1500	188	375	750	1125
	$1 \times 10^{-8} < k \leq 1 \times 10^{-5}$	200	400	800	1200	150	300	600	900
	$1 \times 10^{-5} < k \leq 1 \times 10^{-4}$	150	300	600	900	113	225	450	675

^a O excedente hídrico é a quantidade de água (em mm/ano) que percola através da camada de cobertura do aterro sanitário, atingindo a massa de resíduos e posteriormente chegando até a base do aterro. Para seu cálculo devem ser utilizadas série anuais de precipitações médias, de temperaturas (que sevem para estimar a evapotranspiração utilizando equações como a de Thorntwaite) e o coeficiente de escoamento superficial. O coeficiente de escoamento superficial deve ser adotado em função das características de permeabilidade do solo da camada de cobertura.

^b Para superar características desfavoráveis da área, o projetista poderá propor métodos construtivos, operacionais ou de gestão, atendendo diretrizes estabelecidas pelo órgão de meio ambiente.

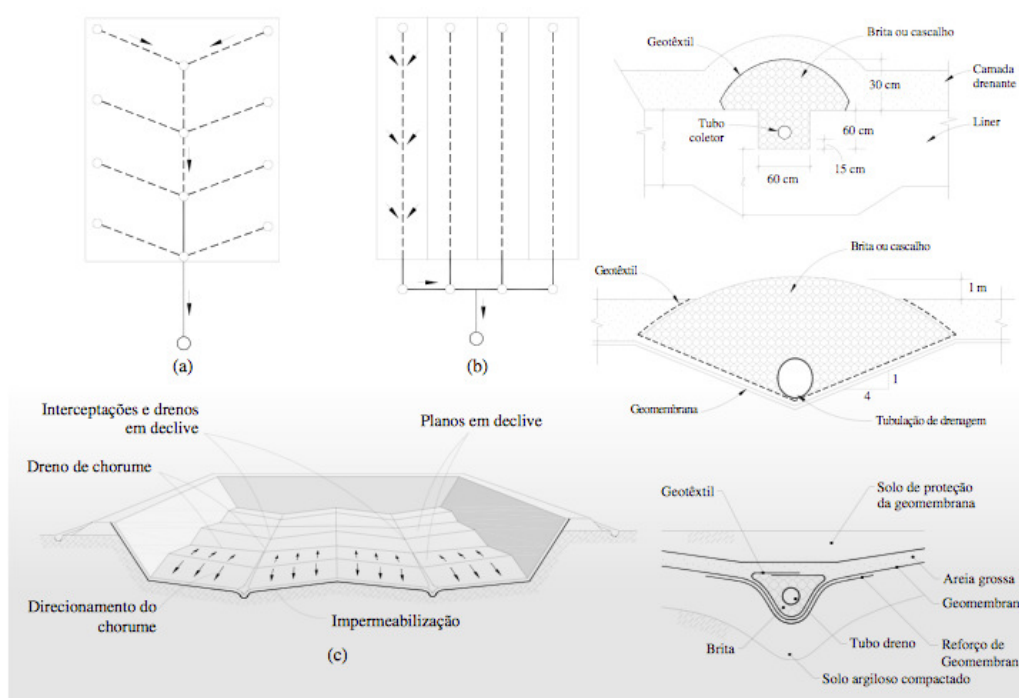
Fonte: ABNT (2010).

3.5.4.3.5 Drenagem de lixiviado

A drenagem do lixiviado possui um alto grau de importância na estrutura do aterro sanitário e no tratamento e disposição final dos RSU. A boa drenagem garante a estabilidade do maciço, o adequado tratamento do percolado ao direcioná-lo para o sistema de tratamento de percolado, e o adequado tratamento da parte sólida dos resíduos.

Dentre as formas principais, estão o colchão drenagem (mais eficiente e mais caro) e a espinha de peixe (mais conhecido e mais econômico, porém menos eficiente), ambos com uso de pedra de mão e brita (ReCESA, 2008). O formato da espinha de peixe, possui tronco principal e ramais laterais a 45° ou 60° de inclinação na horizontal, e declividade ao longo do terreno de 1% a 2% (FARIA, 2002; ReCESA, 2008). Deve ser construído drenos na base do aterro, preenchido com material rochoso para escoamento por gravidade, dos líquidos que percolam a massa de resíduos, coberto com geotêxtil e posterior camada drenante que impeça a colmatação. A colmatação é o fenômeno em que os poros do geotêxtil são ocupados por partículas menores impedindo a passagem dos líquidos pelo geotêxtil. Na Figura 24 é apresentado um desenho esquemático em planta com detalhamento da rede de drenagem de lixiviado e seção transversal do dreno.

Figura 24 - Detalhamento da rede de drenos de lixiviado de um aterro sanitário



Fonte: HAMADA (s.d.).

Na Figura 24 podem ser observados em planta a rede de drenos e modelos diferentes de seções transversais dos drenos, contendo: tubo assentado sobre brita, cobertos com geotêxtil, com camada superior de areia grossa como material drenante.

O funcionamento da drenagem de lixiviado pode ser avaliado por meio da utilização de piezômetros instalados no interior do aterro. O monitoramento dos níveis piezométricos pode indicar a eficiência da drenagem ou a colmatagem dos drenos (FARIA, 2002).

3.5.4.3.6 Drenagem de gases

Os drenos de gases devem ser instalados na vertical sobre os drenos de lixiviados e construídos com manilha ou tela preenchida com material rochoso, de forma que os gases encontrem um caminho preferencial. Na Figura 25 pode ser observada a foto de um dreno vertical de biogás.

Figura 25 - Foto do dreno de biogás de aterro sanitário



Fonte: ReCESA (2008)

Os diâmetros dos drenos podem variar entre 50 cm a 100 cm, preenchidos com brita 3, 4 ou 5, chegando até 150 cm para aterros de maior altura (ReCESA, 2008).

A drenagem de gases é importante para o correto tratamento dos gases, no sentido de reduzir o impacto de emissões na atmosfera, passando da forma de metano (CH_4) para gás carbônico (CO_2), seja por combustão espontânea no final do dreno vertical (menos eficiente) ou com encaminhamento deste para o *flaire* para realização da queima controlada (mais eficiente e mais caro). Além disso a drenagem evita a queima descontrolada do biogás, diminuindo o risco de incêndio e explosão ao permitir a saída dos gases da massa de resíduos no interior do aterro.

Os drenos verticais devem estar interligados aos drenos horizontais de chorume. O dimensionamento dos drenos e a quantidade dependem basicamente da vazão de gás a ser drenada (IPT/CEMPRE, 2000), variando num raio de 15 a 30 m (ReCESA, 2008).

O funcionamento da drenagem de gases também pode ser monitorado a partir dos níveis piezométricos instalados no interior do maciço (FARIA, 2002).

3.5.4.3.7 Drenagem de água pluvial

O objetivo da drenagem de água pluvial é conduzir as águas pluviais que incidem sobre o maciço para fora do mesmo, impedindo que a velocidade de infiltração e percolação comprometa a estabilidade geotécnica e aumente consideravelmente o volume de lixiviado comprometendo inclusive o tratamento destes. A boa drenagem impede que processos erosivos comprometam a segurança do maciço ao longo dos taludes e até mesmo em seu interior.

Há dois tipos de drenagem:

- **definitiva:** tipo de estrutura de drenagem que permanece no aterro mesmo após o encerramento das atividades no maciço, circundando-o no sentido de afastar as águas precipitadas sobre a micro-bacia do local (Figura 26 e Figura 27), e que deve ser instalada ao longo das curvas de nível do terreno, porém respeitando a declividade das canaletas. Inclui ainda, a drenagem ao longo da elevação do maciço e que permanece mesmo após seu encerramento; e
- **provisória:** é o tipo de drenagem sobre as águas que incidem diretamente sobre o aterro, mas em área ainda não aterrada com resíduos. Geralmente, é instalada em área a montante do aterramento, no sentido de desviar as águas pluviais para que não tenham contato com a massa de resíduos. É formada por canaletas sem especiais revestimentos, os quais são assentadas à medida que o aterro vai sendo construído (FARIA, 2002).

Figura 26 - Drenagem pluvial definitiva em aterro sanitário



Fonte: ReCESA (2008).

Figura 27 - Drenagem pluvial definitiva em aterro sanitário



Fonte: ReCESA (2008)

O funcionamento tanto da drenagem pluvial definitiva quanto provisória pode ser avaliado por meio de inspeção visual dos drenos definitivos, no sentido de observar se os mesmos estão desviando águas pluviais de escoamento superficial da área a montante do aterro, e também o monitoramento mensal dos níveis piezométricos no interior do maciço e o volume de chorume gerado (FARIA, 2002). Podem ser observados, a ocorrência de erosão nos taludes também como indicação de má drenagem pluvial.

3.5.4.4 Controle operacional

Dois tipos de controle devem sempre estar presente para manter a segurança operacional e o controle operacional: os vários tipos de coberturas de solo sobre os resíduos e a compactação.

3.5.4.4.1 Cobertura dos resíduos

A cobertura dos resíduos tem uma função de extrema importância para a correta operação de aterramento dos resíduos, impedir a proliferação de vetores, exalação de odores, a emissão de gases, mitigação do risco de incêndio e queima descontrolada de biogás, diminuição da percolação de líquidos, impedir a catação, permitir o tráfego seguro de veículos, propiciar a correta decomposição e tratamento dos resíduos (IPT/CEMPRE, 2002).

A cobertura pode ser de três tipos (IPT/CEMPRE, 2002):

- Diária: realizada após o fim da jornada de trabalho com o fechamento da célula sanitária, com camadas com espessura média de 20 cm;
- Intermediária: realizada num período maior, aproximadamente após 30 dias de operação, quando do fim de um patamar ou berma; e
- Final: importante para o fechamento do maciço, principalmente para impedir a entrada de água pluvial e consequentemente a geração de percolato.

3.5.4.4.2 Compactação

A compactação é outro aspecto de segurança bastante importante para o bom funcionamento do aterro. Para que haja estabilidade do maciço e aumento da vida útil do aterro, com melhor aproveitamento da área, deve ser realizada uma compactação adequada dos resíduos. Os resíduos devem ser compactados por meio de 3 a 5 passadas do trator esteira, sempre de baixo pra cima, numa inclinação de 1V:2H ou 1V:3H, de modo a reduzir ao mínimo o volume, geralmente a 1/3 do volume original (FARIA, 2002; IPT/CEMPRE, 2000).

3.5.4.4.3 Controle de elementos dispersos pelo vento

Na ADF de RSU devem ser retidos os elementos dispersos pelo vento como sacolas, papéis e resíduos mais leves, por meio do uso de grades ou telas no entorno da área de descarga, cercamento externo do aterro, cerca viva, cinturão verde, a fim de conter esse tipo de poluição e evitar problemas com a vizinhança. De acordo com a NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997), o aterro sanitário deve dispor destes recursos pra impedir esse impacto.

A ausência de elementos dispersos pelo vento é um aspecto positivo, que indica inclusive que existe um bom recobrimento diário das células sanitárias. Em áreas com grande incidência de

ventos, recomenda-se o uso de telas ao redor da frente de operação pra evitar o espalhamento até mesmo em áreas vizinhas ao aterro (LOUREIRO, 2005).

3.5.4.5 Controle ambiental

As unidades de controle ambiental garantem a proteção da água, do solo e do ar dos impactos resultantes da disposição final de RSU, como a geração de gases e de lixiviados, odores, poeiras, ruídos e outros incômodos de importância sanitária.

3.5.4.5.1 Tratamento dos gases

No Brasil, o mais comum é a queima espontânea por poços individualizados, em que a queima transforma metano (CH_4) em dióxido de carbono (CO_2). O metano é 21 vezes mais poluente que o gás carbônico. Quanto maior a eficiência da queima maior será a redução da poluição atmosférica. A queima na boca do dreno ameniza o escape dos gases por pontos diferentes do maciço, no entanto não possui alta eficiência. Os sistemas mais modernos apresentam uma queima centralizada por meio da instalação de *flare*, que possui maior eficiência que o sistema anterior. Na Figura 28 se mostra a foto de um *flare*.

Figura 28 – Foto do *flare* para biogás de aterro sanitário



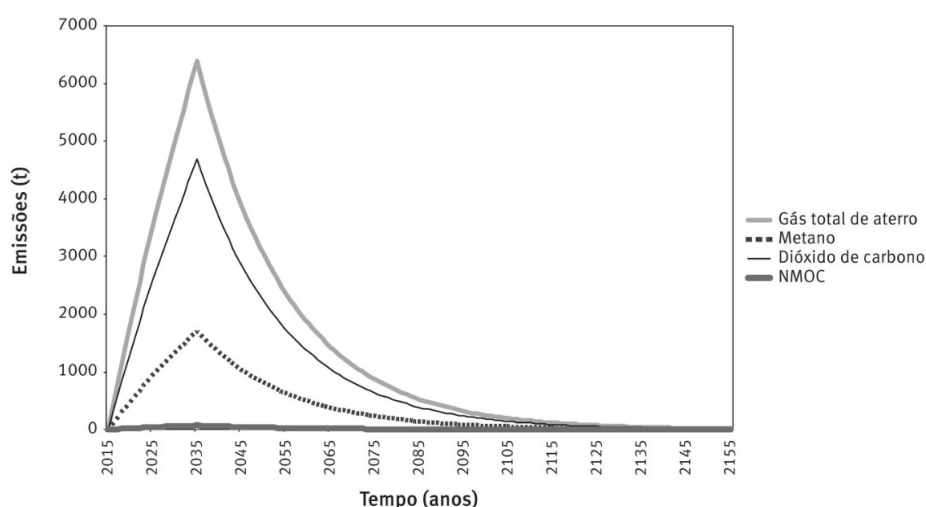
Fonte: BRASPROCESS (2016).

Há aterros sanitários que tem o aproveitamento energético como forma de tratamento do biogás. O primeiro aterro brasileiro a aproveitar energeticamente o biogás foi o Aterro Bandeirantes com capacidade instalada de 22 MW, liberado em 2003 pela ANEEL, e implantado em 2004, em uma área de 2.000 m², com a responsabilidade de construção pela Sotreq, que implantou um conjunto de 24 geradores Caterpillar, modelo 3516 A, de 925 kW cada, com investimentos da ordem de US\$ 15 milhões, com uma ação conjunta entre a Biogás Energia Ambiental,

responsável pelo beneficiamento do biogás, e o Unibanco (atual Itaú), como proprietário da Termelétrica (Loureiro, 2005).

Segundo Valente (2015), a recuperação energética do biogás torna-se viável a partir da geração de resíduos entre 100 e 200 mil hab. Um estudo foi realizado no aterro sanitário de Três Corações, Minas Gerais, utilizando o método LandGEM para estimar a quantidade de biogás. Conforme Figura 29, durante os 20 anos para os quais foi projetado o aterro, de 2015 a 2035, ele apresenta um acréscimo de geração de gás devido o aumento de matéria orgânica colocada no aterro. Quando encerra-se o uso para disposição de resíduos, paralisa-se o fornecimento de matéria orgânica e, conseqüentemente, a geração de biogás vai decaindo até zerar (ano de 2155). No entanto, após 30 anos de seu encerramento já apresenta uma redução considerável de geração de biogás. Constata-se, portanto, que a quantidade de gases aumenta a medida que coloca-se matéria orgânica e depois tende a reduzir zerando entorno de 115 anos. No entanto, a grande geração de biogás será durante seus 20 anos de vida útil e depois de 30 anos de seu encerramento, depois disso torna-se inviável a utilização do biogás.

Figura 29 - Curva de geração de biogás ao longo da vida útil do aterro de Três Corações.



Fonte: PIÑAS et al (2016).

3.5.4.5.2 Tratamento dos lixiviados

A técnica mais comum, empregada no Brasil, para o tratamento do lixiviado de aterros sanitários, é o tratamento biológico por sistemas de lagoas. Esse sistema apresenta boa eficiência para remoção de DBO, DQO. No entanto, não consegue reduzir significativamente nitritos, nitratos e amônia, assim como metais pesados, o que pode contaminar corpos d'água receptores deste efluentes após esse tipo de tratamento.

Segundo Jucá (2003), muitos aterros como o Bandeirantes (São Paulo-SP) e o Metropolitano de Salvador, não tratam *in situ* seus efluentes, e enviam os mesmos para Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), que na maioria das vezes não estão preparadas para tratar esse tipo de efluente com elevada carga orgânica e inorgânica, no caso de metais pesados. Além do mais, existe outros inconvenientes: o repasse de responsabilidade para um terceiro ator, e os elevados custos com transporte, além do risco de acidentes desta carga nas vias públicas.

Um dos tipos de tratamento que tem apresentado grande eficácia na remoção de DBO, nitrato, amônia, fósforo e metais pesados tem sido o uso de barreiras bioquímicas. Trata-se de um tratamento secundário de lixiviados que combinam fitorremediação com barreiras reativas no solo para contenção de contaminantes (JUCÁ, 2003).

A CTR-Pernambuco é um exemplo de ETE de aterro sanitário que possui tratamento completo dos lixiviados, como mostra a Figura 30.

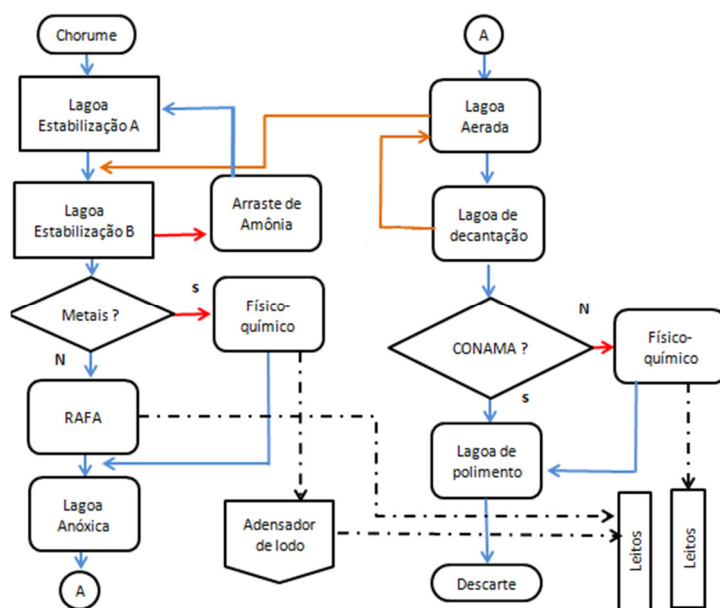
Figura 30 – Estação de tratamento de efluentes da Central de Tratamento de Resíduos CTR-Pernambuco



Fonte: CTR-PE (2017).

Na Figura 31 pode ser visto o fluxo de tratamento dos lixiviados da CTR-Pernambuco.

Figura 31 – Fluxograma de tratamento do lixiviado na CTE-Pernambuco.



Fonte: WWT, 2012.

Conforme a Figura 31, o tratamento dos lixiviados na CTR-PE é realizado da seguinte forma (WWT, 2012):

1. o lixiviado do aterro (chorume) captado pelos drenos dos VTD's (valos de tratamento e disposição), medido no vertedouro triangular, é direcionado para lagoa de estabilização A e desta por gravidade vai à lagoa B;
2. da lagoa de estabilização B o chorume é recirculado continuamente para lagoa de estabilização A, passando pela torre de arraste de amônia (*Stripping*). Nesta operação o Nitrogênio amoniacal é parcialmente removido e pequena oxidação de matéria orgânica (pela introdução do ar forçado por sopradores) é observada;
3. da lagoa de equalização B o chorume é direcionado, em seu fluxo normal (ausência de metais pesados: cádmio, cromo hexavalente, cobre, cianetos e outros) para os RAFA's (reator anaeróbico de fluxo ascendente) onde 60 % da matéria orgânica será removida);
4. dos RAFA 's o chorume é direcionado para a lagoa anóxica, continuando o processo de remoção de matéria orgânica;
5. da lagoa anóxica o chorume adentra na lagoa aerada, onde a introdução de oxigênio, propicia maiores reduções de matéria orgânica, oxidação dos residuais de nitrogênio amoniacal à nitratos. Para redução do Nitrogênio (nitrato) o efluente é recirculado da lagoa aerada para a lagoa anóxica em fluxo contínuo);

6. o licor misto (flocos em suspensão da lagoa aerada) é encaminhado para a lagoa de decantação A , onde os sólidos são separados por gravidade, o efluente decantado segue para a lagoa de descarte B para seu descarte final em conformidade com as condicionantes do CPRH;

7. acontecem os tratamentos físico-químicos :

a. chorume “in natura”: quando da identificação de metais pesados em níveis de inibição do crescimento dos microorganismos de interesse para o processo de tratamento o chorume é conduzido diretamente para o pré tratamento físico-químico:

- I. floculador hidráulico;
- II. decantador; e
- III. adensador de lodo.

O efluente clarificado é direcionado para a lagoa anóxica e segue o processo de tratamento biológico;

b. Efluente decantado : Quando no efluente final decantado metais pesados ou COR forem limitantes para descarte , um pós tratamento físico-químico é aplicado ao efluente captado na lagoa de descarte A (decantação):

- I. floculador em leito de pedra;
- II. decantador; e
- III. leito de secagem.

O efluente clarificado é direcionado para a lagoa de descarte B e desta para a grande “lagoa”, conforme Figura 30. Por fim, a Figura 32 apresenta as diferentes colorações do lixiviado ao longo de cada etapa de tratamento.

Figura 32 – Amostras das classificações do resíduo tratado na ETE.



Fonte: WWT, 2012.

O funcionamento do sistema de tratamento de chorume será verificado a partir dos resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do chorume, realizadas periodicamente de acordo com o Plano de Monitoramento aprovado pelo OCA. Será considerado como bom funcionamento, o sistema que apresentarem eficiência de tratamento e qualidade do efluente de acordo com os padrões de lançamento definidos pelas legislações retrocitadas

3.5.4.5.3 Controle de poeiras

A poeira gerada no aterro sanitário devido a movimentação de terra e aterramento dos resíduos é controlada pela irrigação por meio de caminhões pipa, que contribuem para o controle do ar e qualidade do espaço.

Figura 33 - Caminhão pipa irrigando área de aterro para controle de Poeira.
Fonte: MADER e FERREIRA (2017).



3.5.4.5.4 Controle de ruído

O controle de ruídos deverá ser realizado via cinturão verde, presente em todo perímetro da área, formando um cinturão verde. Este, além de proteger contra os ruídos gerados no aterro, tem a função de minimizar impactos visuais, poeiras fugitivas, odores e a ação dos ventos.

3.5.4.5.5 Controle de vetores

Os principais vetores e as formas de controle são:

- aves: o controle da presença de aves, como urubus, gaivotas, garças, e outras, são de extrema importância para a segurança aviária, por se tratar de um dos grandes motivos de acidentes com colisão em turbinas de aeronaves. Inclusive, a localização e operação de um aterro sanitário deve ter anuência dos departamentos de aviação do país para seu licenciamento. Alguns recursos como o recobrimento diário e o uso de fogos de artifício

são bastante usados como forma de controle. A presença de aves também indica uma má operação, principalmente com falhas na cobertura diária dos resíduos;

- moscas: Outro fator que indica um mau recobrimento diário dos resíduos, é a presença de moscas em grande quantidade. As mesmas podem se proliferar em até 2 semanas após a colocação dos ovos, e por representar um risco à saúde humana, deve ser controlado por meio de um adequado manejo dos resíduos (FARIA, 2002); e
- animais de criação para consumo humano: A presença e principalmente a criação de animais como bois, galinhas, porcos, e outros animais para o abate representa risco direto à saúde humana devido ao contato com microorganismos patógenos presentes nos resíduos sólidos.

3.5.4.5.6 Controle de queimadas

O biogás, por ser inflamável e explosível, quando mau drenado ou tratado pode provocar queimadas, que por sua vez põe em risco tanto à saúde pública com emissões de GEE, fumaças e fuligens, quanto à segurança ocupacional dos trabalhadores e o próprio meio ambiente. A presença deste impacto também denota má operação das instalações, causado principalmente pela má drenagem dos gases e falta de recobrimento adequado das células sanitárias.

3.5.4.6 Monitoramento ambiental

São poucos os aterros no Brasil que possuem um monitoramento ambiental planejado, eficiente e completo de sua operação. Aterros como, o de Porto Alegre (RS) e Caxias do Sul (RS), Joinville (SC), Camaçari (BA), Bandeirantes (São Paulo-SP), o São João (São Paulo-SP), o de Muribeca (Recife-PE), e o de Gramacho (RJ). Geralmente se limitam a análise da estabilidade dos maciços, das águas superficiais e subterrâneas, e dos lixiviados. As maiores dificuldades da existência deste monitoramento é a falta de padronização de exigências por parte dos órgãos ambientais e a falta de fiscalização (LOUREIRO, 2005). Segundo Loureiro (2005), a comunidade europeia, por meio da Diretiva 1993/31/CE, recomenda a seguinte periodicidade de monitoramento:

- águas superficiais: 3 em 3 meses;
- lixiviados: mês a mês (volume) e de 3 em 3 meses (composição);
- águas Subterrâneas: semestralmente (FARIA, 2002); e
- gases: mensalmente (emissão e pressão atmosférica).

Todos os corpos d'água próximos precisam ser monitorados em pelo menos 2 pontos, um a montante e outro a jusante. Já os lixiviados precisam de monitoramento constante antes de seu lançamento no corpo receptor a fim de garantir a qualidade ambiental, conforme legislações que estabelece os padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores, tais como a Resolução Conama N° 430/2011 e a Lei Estadual N° 8.544/1978 de Goiás, e seu Decreto Regulamentador N° 1745/1979.

O monitoramento do ar também deve ser uma constante na operação dos aterros, no sentido de verificar se a drenagem e o tratamento dos gases estão de acordo com a legislação, principalmente em relação a metano, gás carbônico e oxigênio. A NBR 13.896/1997 recomenda o monitoramento por meio da medição da concentração e vazão dos gases gerados. A queima controlada do biogás também evita a proliferação de odores na região, um aspecto bastante indesejável à vizinhança.

É de extrema importância que todo aterro sanitário apresente uma ficha técnica a serem levantada no mínimo anualmente, contendo o registro de dados gerais, tais como: área superficial ocupada pelos resíduos, quantidade em peso e em volume dos resíduos, composição dos resíduos, formas de deposição, início e duração da disposição, cálculo da vida útil e capacidade de disposição ainda disponível no aterro, dentre outros (LOUREIRO, 2005).

Todo o monitoramento ambiental dos aterros sanitários deve ser realizado de acordo com uma rotina de monitoramento aprovada pelo OCA.

A Diretriz 1999/31/CE da União Européia, sugere as seguintes periodicidades: mensal para o monitoramento do volume do lixiviado e emissões potenciais de gases e emissões atmosféricas, e trimestral para composição dos lixiviados e volume e composição das águas superficiais (IQA, 2002).

Já no Brasil, Reichert (2007) sugere um plano de monitoramento, como pode ser observado no Quadro 9.

Quadro 9 - Plano sugestivo de monitoramento ambiental de aterros sanitários

Meio	Periodicidade	Parâmetros
Águas superficiais	Bimestral	Temp; DQO; Condutividade; OD; pH; NH_4^+ ; NO_3^- ; Fe; Mn; Cl
Águas subterrâneas (subsuperficiais)	Bimestral	Nível de água; Temp; pH; Condutividade; OD; NH_4^+ ; Cl
	Quadrimestral	Como bimestral mais: Mg; Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn
Emissão final de lixiviados tratados	Semanal	Vazão; Temp; pH
	Mensal (reduz para trimestral quando condições estáveis se verificarem)	Como semanal mais: DQO; DBO; NH_4^+ ; Cl
	Trimestral	Como trimestral mais: SO_4 ; alcalinidade; Na; K
	Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	Como trimestral mais: Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn
	Mensal	Vazão; pH; DBO
Lixiviados nas unidades de tratamento	Trimestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	Como mensal mais: Cl, NH_4^+ ; SO_4 ; DQO; DBO; Na; K; Mg
	Anual	Como trimestral mais: Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn
Gases	Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	CH_4 ; CO_2 ; N_2 ; O_2
	Anual	CH_4 ; CO_2 ; N_2 ; O_2
Resíduos aterrados	Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	pH; Umidade; STV; ST
	Anual	pH; Umidade; STV; ST

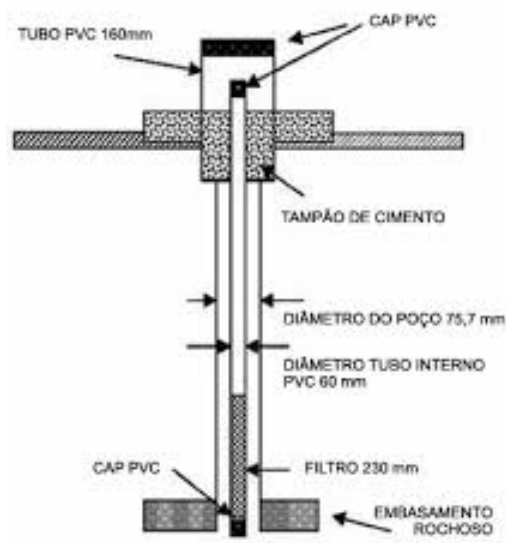
Fonte: Reichert (2007).

3.5.4.6.1 Monitoramento das águas subterrâneas

O sistema de monitoramento das águas subterrâneas é uma rede de poços que permite verificar uma possível influência de percolado na qualidade das águas do lençol freático em relação à qualidade anterior à instalação do aterro. Todo sistema de tratamento, estoque e depósito de resíduos não perigosos deve apresentar monitoramento de águas subterrâneas, podendo ser dispensado a critério do OCA (ABNT, 1997).

Segundo a NBR 13.896/1997, esse sistema deve seguir a NBR 15.495/2007-1 – versão corrigida 2:2009, contendo no mínimo 4 poços, sendo 1 a montante e 3 a jusante no sentido do fluxo de escoamento subterrâneo preferencial. O diâmetro mínimo dos poços deve ser de 101,6 mm (4 pol.), revestidos e tampados no topo para evitar contaminação (ABNT, 1997). A Resolução CEMAm N° 5/2014 também apresenta a mesma exigência. Na Figura 34 é apresentado o detalhamento do poço de monitoramento.

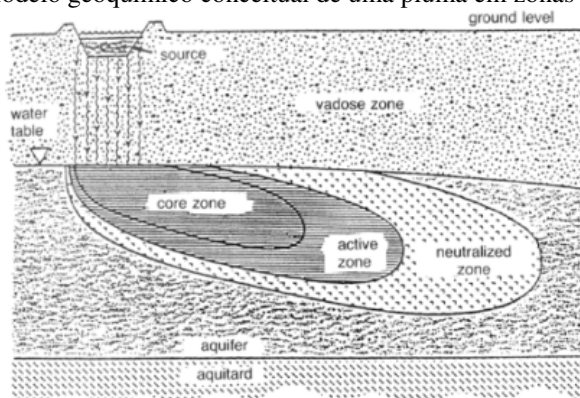
Figura 34 - Detalhamento do poço de monitoramento de águas subterrâneas



Fonte: ReCESA (2008).

Os poços de monitoramento a jusante devem estar instalados nas diferentes zonas da pluma de contaminação. Na Figura 35 é apresentado um modelo conceitual de pluma de contaminação.

Figura 35 - Modelo geoquímico conceitual de uma pluma em zonas contaminantes



Fonte: DANIEL (1996)

Existe sugestão da periodicidade de monitoramento das águas subterrâneas: bimestral, para os parâmetros nível de água, temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), NH_4^+ , Cl; e quadrimensal, Mg, Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn (REICHERT, 2007).

Já a União Européia, por meio de sua Diretriz 1999/31/CE, sugere o monitoramento semestral das águas subterrâneas (LOUREIRO, 2005).

3.5.4.6.2 Monitoramento das águas superficiais, lixiviados e gases

A retirada das amostras das águas superficiais, lixiviados e gases devem feitas em pontos representativos, representando a composição média conforme a Diretriz 1999/31/CE estabelece no Quadro 10, e se a partir de então a avaliação indicar que intervalos mais longos são igualmente eficazes, será possível realizar uma adaptação das medições e análises (FARIA, 2002).

Quadro 10 - Frequencia da amostragem (Diretriz 1999/31/CE)

Amostragem	Frequência
Volume dos lixiviados	Mensalmente
Composição dos lixiviados	Trimestralmente
Volume e composição das águas de superfície	Trimestralmente
Emissões potenciais de gases e pressão atmosférica	Mensalmente

Fonte: Faria (2002).

3.5.4.6.3 Monitoramento da estabilidade do maciço

Para garantir a segurança do maciço solo-resíduos, o mesmo deve ser monitorado constantemente. O monitoramento é formado por conjunto de estruturas que permitam investigar a movimentação e, portanto, a estabilidade mecânica do maciço. A necessidade de monitoramento dependerá da quantidade de resíduos aterrados, do formato e dimensões do maciço, do relevo do terreno e da capacidade suporte do solo (CETESB, 2016).

De acordo com CETESB (2016), os aterros por trincheiras por serem edificados no interior das escavações são dispensados de monitoramento da estabilidade geotécnica do maciço solo-resíduos.

Cada vez mais se faz necessário o estudo de estabilidade dos maciços de Aterros. Aterros como o Bandeirantes já sofreram deslizamentos. Os métodos mais clássicos utilizam Mohr-Coulomb para avaliar a resistência ao cisalhamento.

De forma geral, os recalques atingem 30% da espessura total inicial dos aterros sanitários (SOWERS, 1973 apud LOUREIRO, 2005). O processo de formação de recalques em aterros passa pelas seguintes fases: compressão imediata, compressão primária (após 30 dias) e compressão secundária (principal que dá origem aos recalques).

Para o monitoramento geotécnico e topográfico do aterro sanitário alguns procedimentos devem ser realizados, como o exame visual verificando a existência de trincas no solo de cobertura,

falhas no sistema de drenagem superficial, recalques, erosões e surgimento de percolado; medição de vazão de percolado; sendo que estes procedimentos devem ser realizados diariamente (DBO, 2013). Já a ruptura do maciço determina a deformação e limites de escoamento e tais procedimentos devem ser realizados mensalmente. Na Figura 36 se apresenta a imagem do marco superficial para monitoramento geotécnico.

Figura 36 - Monitoramento geotécnico por marcos superficiais



Fonte: DBO (2013).

Após o recobrimento dos resíduos e compactação dos mesmos no aterro sanitário, são instalados nos taludes e bermas marcos superficiais, levantando as coordenadas em relação aos marcos fixos. Os movimentos dos marcos superficiais apresentam os deslocamentos dos maciços, estabelecendo uma relação com sua estabilidade. O

Quadro 11 apresenta critérios gerais de ação para velocidades de deslocamento dos maciços para aterros sanitários.

Quadro 11 - Parâmetros de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais.

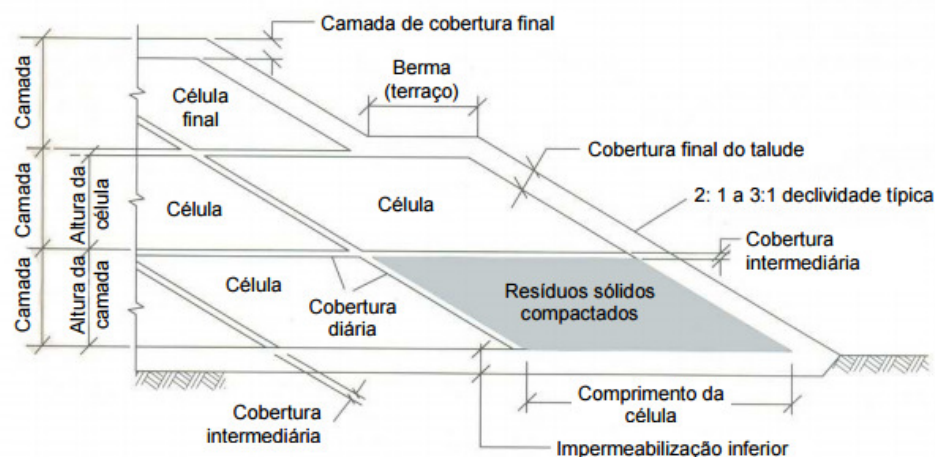
RECALQUE		
ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$20 < x \leq 40$ mm/dia	$40 < x \leq 100$ mm/dia	$x > 100$ mm/dia
DESLOCAMENTO HORIZONTAL		
ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$10 < x \leq 20$ mm/dia	$20 < x \leq 50$ mm/dia	$x > 50$ mm/dia

Fonte: Terra (2015).

Em aterros de menor altura, onde não for possível utilizar métodos para análise de estabilidade e quando apresentar solo firme, utiliza-se a seguinte configuração de talude para permitir

estabilidade: inclinação 1:2 (V:H), camadas de 5 metros de altura e bermas com 5 metros de largura (REICHERT, 2007). Na Figura 37 se apresenta a seção transversal recomendada para um aterro superficial com configuração geotécnica mais estável.

Figura 37 - Seção transversal recomendada para um aterro sanitário superficial



Fonte: Reichert (2007).

Em similaridade, o monitoramento da estabilidade dos maciços deve seguir uma periodicidade discutida com o OCA. Segundo Faria (2002), é recomendado o monitoramento mensal dos marcos superficiais, porém dependendo do risco eminente de deslizamento, essa frequência pode ser alterada.

3.5.4.7 Equipamentos

Para a operação de um aterro sanitário são necessários os seguintes equipamentos (FEAM, 2006):

- **trator de esteiras** (Figura 38): equipamento importante para a compactação e recobrimento diário dos resíduos, que deve possuir peso operacional mínimo de 15 toneladas, para espalhamento, compactação e conformação da massa de resíduos. É utilizado para homogeneizar os resíduos, permitir melhor aproveitamento da área útil ao compactar o mesmo e garante a segurança operacional do maciço solo-resíduos e ainda a locomoção dos maquinários sobre o maciço de forma segura (ReCESA, 2008). O trator de esteira ideal, que garante maior compactação com menos passadas, é o trator do tipo D6. O trator D4 por ser mais leve, não confere boa compactação, exige um número maior de passadas, consumindo mais combustível, mais tempo de operação e mais esforço do

operador, e portanto, deve ser evitado. Da mesma forma, o trator D8 deve ser evitado por ser muito pesado e expulsar oxigênio do interior da massa de resíduo, não permitindo a decomposição aeróbia e permitindo a decomposição anaeróbia, que é mais lenta e menos eficiente (FARIA, 2002);

- **retroescavadeira:** equipamento utilizado para aberturas de drenos de chorume, de gases e de água pluvial;
- **pá carregadeira:** importante para carregamento de caminhão caçamba com terra, brita e pedra;
- **motoniveladora e rolo compactador vibratório:** para compactação da base, camada de cobertura e para acessos internos;
- **caminhão pipa:** para umedecimento periódico das vias de acesso em período de estiagem e transporte e recirculação de percolato, caso haja necessidade;
- **caminhão basculante** para o transporte de materiais terrosos e rochosos; e
- **e outros equipamentos e ferramentas auxiliares como:** máquina de roçagem do tipo costal, pás, ancinhos, rastelos, dentre outros.

Figura 38 – Trator de esteiras D6



Fonte: Caterpillar (2017).

3.5.4.1 Registro dos dados gerais do aterro

De acordo com a NBR N° 13.896/1997 da ABNT, anualmente deve ser feito um Relatório contendo a descrição do tipo e quantidade de resíduos (recebidos no ano e acumulado ao longo dos anos) de cada gerador. Faria (2002) também recomenda que seja informado ainda: vida útil restante do aterro em anos; superfície ocupado pelos resíduos naquele ano e o acumulado ao longo dos anos; e o método de disposição.

3.5.4.2 Plano de fechamento

O plano de fechamento de um aterro sanitário deve seguir a NBR 13.896/1997, que estabelece o monitoramento das águas subterrâneas por um período de 20 anos após o fechamento da instalação.

O Departamento de Saneamento da Prefeitura de Nova Iorque está requisitada para monitorar o fechamento, e o gerenciamento do sistema de coleta e tratamento dos gases e lixiviado por 30 anos após o fechamento do Aterro de FreshKills (TAMMEMAGI, 1999).

3.5.4.3 Uso futuro pós-encerramento

Um aterro desativado pode ser utilizado para implantação de parques, praças, campo de golfe, quadras de esporte. O Aterro de Vila Albertina, em São Paulo, assim como o Aterro Pulau Semakau, em Cingapura, apresentados respectivamente na Figura 39 e na Figura 40, se tornaram espaços para uso da população local. O primeiro segue controlado desde 1993, vem sendo utilizado para prática de esportes (LOGA, 2016). Já o segundo tornou-se uma reserva ambiental que atrai turistas do mundo inteiro.

Figura 39 – Aterro Vila Albertina



Fonte: Loga (2016).

Figura 40 – Aterro Pulau Semakau, Cingapura



Fonte: Ecodebate (2011).

O uso futuro da área do aterro deve estar previsto no Plano de Fechamento do Aterro Sanitário, devendo ser ouvido e aprovado pelo órgão ambiental competente.

3.6 AVALIAÇÃO DE ATERROS COM USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE

No que diz respeito à qualidade, um aterro pode ser considerado sanitário quando são atendidos todos os quesitos legais, técnicos e normativos em que seja possível a disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos. Para isso, todos os critérios de engenharia devem ser atendidos, desde a seleção da área, concepção do projeto, instalação de toda sua infraestrutura, operação, monitoramentos ambientais e previsão de fechamento, com respectivas anuência e licenciamento por parte dos OCA's.

Nesse sentido vários tipos de análise podem ser citadas para se promover a avaliação da segurança da estrutura de funcionamento do mesmo, a qualidade ambiental das águas, do solo, do ar e flora, e a proteção da saúde dos trabalhadores, da população e da fauna, tais como:

- análise geotécnica da estabilidade do maciço;
- análise físico-química e bacteriológica de lixiviado;
- análise da qualidade das águas superficiais;
- análise da qualidade das águas subterrâneas;
- análise do biogás;
- análise de contaminação dos solos;
- análise ecotoxicológica dos solos;
- dentre outras.

Tais investigações fazem ou pelo menos devem fazer parte das rotinas de gestão, monitoramento, acompanhamento, fiscalização e licenciamento por parte dos órgãos ambientais e dos operadores de ADF de RSU, sendo realizadas em mais de um ponto do aterro ou dos corpos d'água circunvizinhos e em diferentes quantidades de amostras para que seja possível obter um resultado mais confiável ao longo de determinado período. Sendo assim, tais avaliações dispendem maior intervalo de tempo, mais recursos financeiros e necessitam de uma série histórica para a avaliação da evolução.

Na maioria dos casos, quando os fiscais, técnicos ou gestores dos órgãos ambientais realizam vistorias nas instalações de um aterro, não é possível obter todos os dados levantados primariamente em análises como as anteriores, então faz-se necessário o uso de ferramentas mais práticas, mais viáveis e que trazem resultados mais rápidos ao processo de gerenciamento

dessas áreas. O uso de índices e indicadores servem como ferramentas eficazes para a avaliação e classificação de aterros, principalmente quando há a necessidade de mensurar o nível de atendimento aos aspectos legais e técnicos periodicamente em uma única área ao longo dos anos ou em vários aterros de determinada região ou Estado.

O uso de índices e indicadores vem suprir a dificuldade em mensurar o nível de qualidade de um aterro de resíduos em um determinado período em relação a períodos anteriores e em relação a outros locais. Por mais que as normas e legislações trazem importantes indicadores a serem atendidos, não é possível comparar diferentes instalações de disposição final ou a mesma instalação em relação a diferentes indicadores sem que haja uma ponderação de cada indicador, no sentido de dizer qual entre eles teria uma maior, igual ou menor importância em relação ao outro.

Contudo, é preciso deixar claro que o uso dos índices e indicadores não substitui a realização de análises laboratoriais e de campo, que são inclusive mais completas e mais confiáveis, mas vem complementar a avaliação pela facilidade de aplicação e permitir a comparação do valor numérico que os mesmos trazem em relação ao mesmo aterro em diferentes momentos de aplicação ou em relação a outros aterros.

Conceitualmente, os índices são uma combinação de vários indicadores já ponderados entre si por meio de uma formulação matemática, e que apresenta como resultado um determinado valor numérico (MONTEIRO, 2006). O índice é um valor numérico que representa a interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo, utilizando em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados (SICHE et al, 2007). De forma geral, um índice serve para avaliar, calcular ou classificar determinado sistema ou evento.

O uso desses índices de qualidades, leva os tomadores de decisão (governos, técnicos, operadores) à adequação de aterros quanto à segurança ambiental e à legislação, aplicação no desenvolvimento de projetos de continuidade do uso de aterros com redução dos impactos ambientais e fechamento dos aterros nos casos em que sejam exigidas tais medidas (ZAMORANO, 2005). Ainda, a aplicação dos índices serve para: organizar melhor os dados de um aterro com a formulação de um inventário, realizarem análises e monitoramento ambiental com maior frequência, e, gerarem demandas na Administração Pública voltadas para a gestão ambiental adequada dessas áreas. Sendo assim, foram estudados e conhecidos vários tipos de índices utilizados para a avaliação de aterros de resíduos e outros tipos de sistemas de avaliação.

O uso de índices de qualidade também tem se tornado cada vez mais frequente por parte dos órgãos ambientais estaduais brasileiros, como a CETESB do Estado de São Paulo e por órgãos fiscalizadores como o Ministério Público do Estado de São Paulo (CETESB, 2015), com o intuito de diagnosticar a situação dos resíduos sólidos e promover políticas públicas de melhorias no gerenciamento de aterros de resíduos, de forma que estes tenham como meta a condição adequada que o classifica de fato como sanitário. Outros órgãos como o Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA) também estão elaborando seus índices voltados à avaliação das áreas de destinação de resíduos sólidos (ABEMA, 2014).

A aplicação do índice tem o objetivo de amenizar eventuais distorções no que se refere à subjetividade na análise dos dados, visto que existem variações climáticas de local pra local e condições operacionais diferentes entre as instalações que podem resultar em situações distintas nas avaliações. O índice IQR, utilizado pela CETESB, leva em consideração a situação do aterro no momento da inspeção técnica permitindo efetuar um balanço confiável das condições ambientais (ALBERTIN et al, 2011). O mesmo é válido tanto para o IQA (FARIA, 2002) quanto para o IQS (LOUREIRO, 2005), visto que os três índices tiveram a mesma metodologia para suas determinações, a Teoria da Análise do Valor para atribuição de pesos a todos os critérios adotados. No Brasil, como em âmbito internacional, existem vários índices e indicadores aplicados a resíduos sólidos, os quais estão citados no Quadro 12.

Quadro 12 - Índices de avaliação de aterros utilizados no Brasil e no mundo (continua...)

Índices	Descrição
<i>Landfill Water Pollution Index (LWPI)</i> (TALALAJ & BIEDKA, 2016)	Trata-se do Índice de Poluição de Água por Aterros (traduzido do Inglês para o Português) proposto por Talalaj (2014), o qual utiliza 10 parâmetros utilizados nas regulações da União Européia
<i>Environmental Landfill Impact Index (ELI)</i> , <i>Environmental Risk Index (ERI)</i> , <i>Environmental Value (eV)</i> e <i>Probability of Contamination (Pbc)</i> (ZAMORANO, 2005)	Índices Europeus utilizados para diagnóstico ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, conforme a Diretriz N° 31/1999 da Comissão Européia, os quais respectivamente em Português significam Índice de Impacto Ambiental de Aterros Sanitários, Índice de Risco Ambiental, Valor Ambiental e Probabilidade de Contaminação. Por meio de ambos esses índices, as características do estado ambiental dos aterros fornecem valores de classificação em 5 grupos do maior ao menor risco ou impacto: “muito alto”, “alto”, “médio”, “baixo” e “muito baixo”
Sistema de avaliação para classificação de áreas de disposição final de resíduos sólido urbanos (SCHUELER & MAHLER, 2007)	Visa sua a remediação e a pós-ocupação ao combinar a utilização de 5 matrizes de avaliação referentes: à produção de chorume, à capacidade do lixiviado atingir o aquífero, ao risco de alagamento, ao potencial do efluente atingir os recursos naturais e ao potencial do efluente atingir contato com a população. Ao final, o resultado que varia entre 0 e 100, classifica a área segundo três categorias relacionadas aos diferentes níveis de cuidados ambientais pós-fechamento: baixo risco (até 20 pontos), médio risco (de 21 a 60 pontos) e alto risco (de 61 a 100 pontos).
Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQR (CETESB, 1998)	Criado pela CETESB em 1997, trata-se do primeiro índice de qualidade voltado para avaliar e classificar os aterros de resíduos do Estado de São Paulo inventariando assim a disposição final dos resíduos sólidos urbanos como instrumento de apoio à fiscalização, monitoramento e gestão ambiental dessas áreas no sentido de propor melhorias a esses sistemas.
Índice de Qualidade de Aterros de RSU – IQA (FARIA, 2002)	Criado a partir da alteração do IQR (CETESB, 1998) com o auxílio da metodologia da Análise do Valor e que foram aplicados em 16 municípios do Estado do Rio de Janeiro como validação do uso do índice.
Índice de Impacto dos Resíduos Sólidos Urbanos sobre a Saúde Pública – IIRSP (DEUS et al, 2004)	O qual reúne oito indicadores que mais retratam a relação resíduos sólidos-homem-saúde pública sendo eles: o indicador de déficit de coleta, indicador de déficit de tratamento/disposição final, indicador de cisticercose, indicador de leptospirose, indicador de teníase, indicador de toxoplasmose, indicador de triquinose e o indicador do orçamento destinado aos sistemas de limpeza urbana.
Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQS (LOUREIRO, 2005)	Criado a partir da alteração do IQA (FARIA, 2002) a partir do uso de parâmetros do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), introduzido pela ISO 14.000. Índice indicado para aterros certificados como o do município de Cianorte-PR, que tem ISO 14.001 desde 2012.
Índice de Qualidade de Aterros Industriais – IQRI (MONTEIRO, 2006)	Baseado nos índices já existentes IQR (CETESB, 1998), IQA (FARIA, 2002) e IQS (LOUREIRO, 2005) voltados para aterros de resíduos sólidos industriais, considerando aspectos particulares de critérios de localização, de sua infraestrutura implantada, das condições operacionais e as variáveis de gestão da saúde, do meio ambiente e da segurança do trabalho. Ao final, numa variação entre 0 e 10, o IQRI classifica as localidades em condições inadequadas (para valores entre 0,00 e 6,0), controladas (para valores entre 6,01 e 8,0), adequadas (para valores entre 8,01 e 9,0) e ambientais (para valores entre 9,01 e 10,0).

Fonte: Autor (2017).

Quadro 12 - Índices de avaliação de aterros utilizados no Brasil e no mundo (...continuação).

Índices	Descrição
Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Industriais – IQSI (PINTO, 2011)	Baseado nos índices IQS (LOUREIRO, 2005) e IQRI (MONTEIRO, 2006), utilizando os critérios das normas da família ISO 14.000 no gerenciamento de aterros de resíduos sólidos industriais e por meio da aplicação da Matriz de Avaliação Funcional classificou os aterros em condições inadequadas (valores entre 0 e 6), controladas (valores entre 6,1 e 8,0), adequadas (valores entre 8,1 e 9,0) ou ambientais (valores entre 9,1 e 10,0)
Nova Proposta do Índice de Qualidade de Aterros de RSU do Estado de São Paulo – IQR-Nova Proposta (CEBEST, 2011)	Altera o IQR tradicional (CETESB, 1998) com a introdução, exclusão ou fusão de itens importantes do ponto de vista técnico e ambiental, passando a enquadrar as instalações em inadequadas (para valores entre 0 e 7,0) e adequadas (para valores entre 7,1 e 10,0).
Matriz de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (SANTIAGO & DIAS, 2012)	Avalia toda a gestão dos resíduos desde o planejamento até ações de educação ambiental e as etapas do gerenciamento desde a coleta até a disposição final, reunindo 42 indicadores agrupados em 6 dimensões da sustentabilidade: política, tecnológica, econômica/financeira, ambiental/ecológica, conhecimento (educação ambiental e mobilização social) e inclusão social. Ao final, o nível de sustentabilidade apresentará como resultado as seguintes situações: insustentável para o valor de 0, baixa sustentabilidade o intervalo de 1 a 4, média sustentabilidade o intervalo de 5 a 8 e alta sustentabilidade o intervalo entre 9 e 10.
Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado do Rio de Janeiro – IQDR (INEA, 2013)	Inspirado no IQR (CETESB, 1998), o IQDR-RJ é uma ferramenta gerencial para fiscalização e acompanhamento das licenças e autorizações das áreas de destinação final de RSU, criado com o objetivo de diagnosticar constantemente e garantir a manutenção da qualidade técnica e ambiental desses locais. O índice subdivide-se em cabeçalho, características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais, e também enquadra o empreendimento em condições inadequadas (para notas entre 0,0 e 6,0), condições controladas (para notas entre 6,1 e 8,0) e condições adequadas (para notas entre 8,1 e 10,0).
Índice de Qualidade de Aterro Sanitário de Resíduos em Valas – IQR-Valas (SMA/CETESB, 2005)	Utilizado em municípios ou conjunto de municípios com geração de RSU inferior a 10 toneladas por dia. Utilizado desde o ano 2.000, quando o governo paulista por meio do Decreto 44.760, de 13 de março de 2.000, e do Decreto 45.001, de 27 de junho de 2.000, concedeu recursos financeiros para viabilizar novos empreendimentos de disposição final de resíduos voltados para a realidade dos municípios com população inferior a 25.000 habitantes, os quais representavam a grande maioria dos municípios em situação irregular nos Inventários de Resíduos realizados pela CETESB em 1997, 1998 e 1999.
Índice de Qualidade de Aterro Sanitário de Resíduos em Valas na Nova Proposta – IQR-Valas-Nova Proposta (CETESB, 2016)	De 2011 a 2015, o IQR-Valas, denominado agora, IQR-Valas-Nova Proposta, passou a ser determinado a partir de 20 critérios agrupados em 5 categorias: estrutura de apoio, aspectos operacionais, estrutura de proteção ambiental, características da área e outras informações.

Fonte: Autor (2017).

3.6.1 Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQA

O Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQA) foi proposto por Faria (2002), como forma de aprimoramento do IQR. Alguns itens foram subtraídos, outros acrescentados e outros revistos, sendo que ao final o IQA apresentou 48 critérios no total. A diferença no processo de elaboração do IQR (CETESB, 1998) e do IQA (FARIA, 2002) foi a comprovação científica da validade do índice. O primeiro buscou valorar cada critério por meio da experiência dos

gestores, fiscais e técnicos da CETESB ao longo dos anos, e o segundo, além de aproveitar essas experiências ainda utilizou o método científico para comprovar a aplicação. A metodologia aplicada por Faria (2002) para dar peso a cada critério acrescentado e mantido, após a inserção destes novos, foi a utilização de ferramentas de análise multicriterial: Teoria de Análise de Valor, criada pelo engenheiro Lawrence D. Miles (MILES, 1961) e a Matriz de Avaliação Funcional, aplicada por Mudge (CSILLAG, 1995).

Esses critérios também foram divididos em três grupos: características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais, e também permite atribuir uma nota para cada instalação inspecionada a partir da Equação 2.

Para o cálculo do IQA, cada sub-item possui um peso para cada tipo de resposta, conforme apresentado no Anexo I. A resposta mais apropriada para cada sub-item indica uma determinada nota daquele item específico. Após a obtenção da resposta a cada sub-item somam-se os pontos de todos os grupos, dividindo o total pelo somatório dos pesos máximos, conforme apresentado na Equação 2.

$$IQA = [(S1 + S2 + S3) * 10] / \Sigma P_{max\ i} = 140 \quad \text{Equação 2}$$

em que,

S1 é o somatório das notas dos critérios referente ao subtotal das características daquele local.

S2 é o somatório das notas dos critérios referentes ao subtotal da infraestrutura do local;

S3 é o somatório das notas dos critérios referentes ao subtotal das condições operacionais da área;

P_{max} é o somatório dos pesos máximos de todos os critérios correspondentes a 140 pontos.

Após a obtenção dos valores do IQA tem-se como resultado o enquadramento da instalação conforme Quadro 13.

Quadro 13 - Resultado da avaliação de aterros de RSU, de acordo com o índice IQA

Índice de IQA	Avaliação
0,0 a 6,0	Condições Inadequadas
6,01 a 8,0	Condições Controladas
8,01 a 10,0	Condições Adequadas

Fonte: Faria (2002)

3.6.1.1 Características do local

Nesse item são avaliados 10 sub-itens relacionados às características intrínsecas da área, no sentido de checar o atendimento aos critérios legais e normativos de seleção da área, de modo

a mitigar ao máximo os riscos ambientais, ocupacionais e de saúde pública, e a reduzir os custos de implantação, operação, monitoramento e encerramento do aterro neste local.

Segundo FARIA (2002), caso haja dificuldade na realização de ensaios de campo para uma maior investigação da área, recomenda-se além da inspeção visual, a observação de obras no entorno, o levantamento de mapas temáticos de solo, geologia, relevo, dentre outros, consulta a outros documentos municipais, base de dados e outros estudos da região para aplicação do IQA.

Para os itens em que haja falta de precisão, no momento da coleta de dados, seja na visita técnica ou na inspeção documental da área, é adotada uma avaliação mais conservadora, em que Faria (2002) recomenda o preenchimento do IQA com pontuação zero.

3.6.1.2 Infraestrutura implantada

Após a conferência das características da área inspecionada, são conferidas as obras de engenharia relacionadas diretamente e indiretamente com o manejo dos RSU.

Este critério diz respeito a todos os elementos construtivos de um aterro sanitário de RSU, desde instalações estruturais quanto instalações de controle ambiental e apoio administrativo, e ainda os equipamentos utilizados na operação, compreendidos por 16 sub-itens.

3.6.1.3 Condições operacionais

Já o último grupo de critérios do IQA, é o item 3 “condições operacionais”, composto por 22 sub-itens que dependem diretamente do bom funcionamento e uso das instalações.

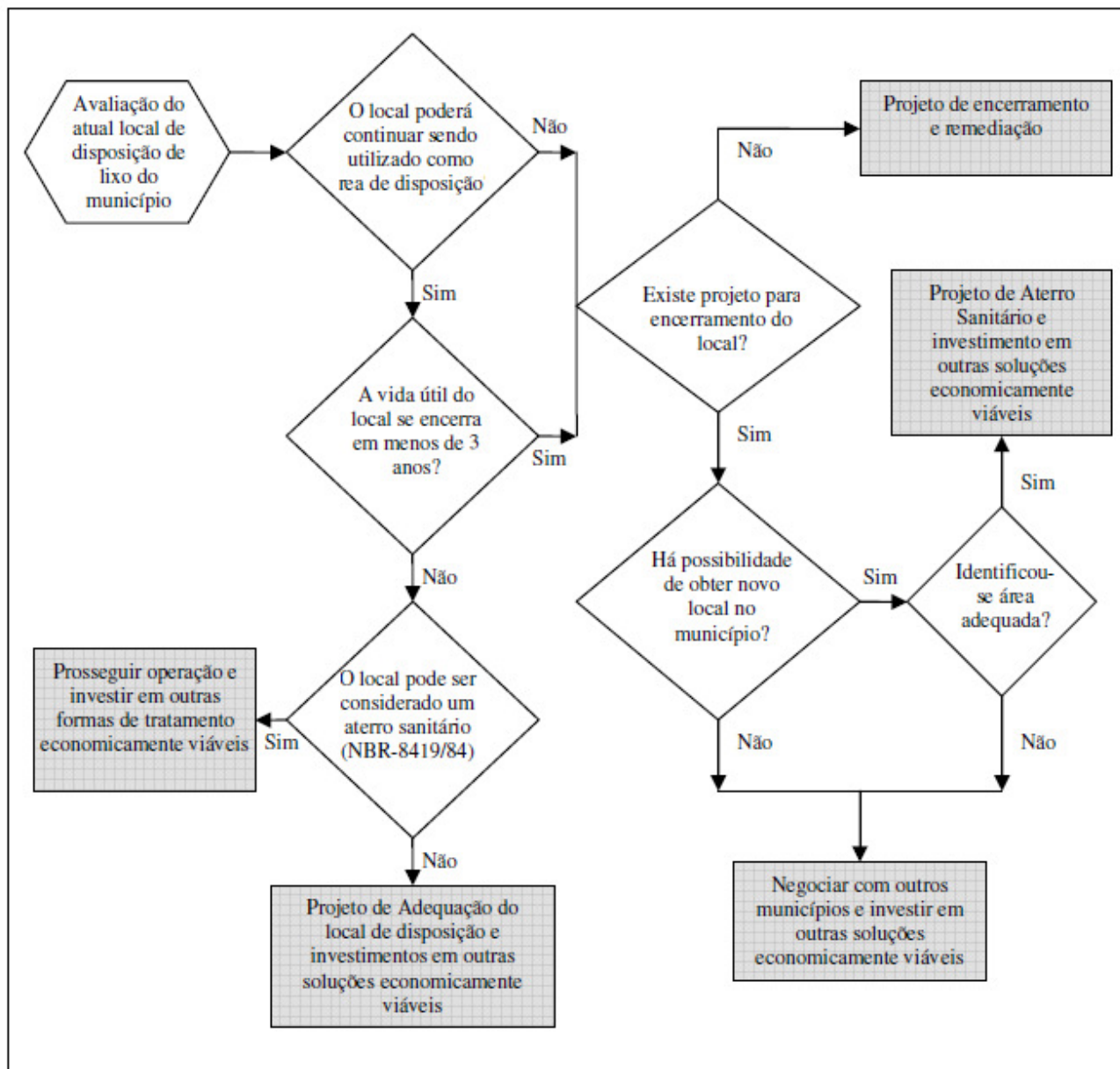
3.6.2 Decisão sobre o futuro da disposição final de RSU no município

Segundo Loureiro (2005), uma boa avaliação do sistema de disposição final de RSU no município apontará o futuro desta etapa do gerenciamento integrado dos resíduos, o qual pode ser as seguintes e possíveis alternativas:

- encerramento e remediação;
- adequação do lixão em aterro ou melhoria do aterro existente; ou
- viabilização de novo aterro sanitário, em outra área.

Na Figura 41 se apresenta o fluxograma de decisões sobre a disposição final dos resíduos sólidos de um município.

Figura 41 - Fluxograma de decisão sobre o futuro da disposição final de resíduos sólidos do município



Fonte: IPT/Cempre (2002).

3.7 USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANALISE AMBIENTAL

Segundo Medeiros e Câmara (2001), no ponto de vista de gestão do território, as ações de ordenação, monitoramento ou planejamento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-

relacionamento. Esse conceito vem do conceito de desenvolvimento sustentável, amplamente discutido e destacado na Rio-92, e que permanece até a atualidade, e estabelece que uma análise abrangente dos impactos ambientais precedam as ações de ocupação do território. Para tal, o diagnóstico ambiental se torna imprescindível e objetiva estabelecer estudos específicos sobre regiões de interesse, com vistas a projetos de ocupação ou preservação, como no caso de áreas propícias para instalação de aterros sanitários.

Avaliar a produção do espaço em seus aspectos sociais e ambientais exige uma gama de conhecimento, dados e informações que, graças às novas tecnologias, podem ser trabalhadas de maneira mais ágil, fácil e rápida. Inseridos neste contexto, destaca-se, devido as suas funcionalidades, as geotecnologias, que são tecnologias ligadas às geociências e suas áreas. (FITZ, 2008).

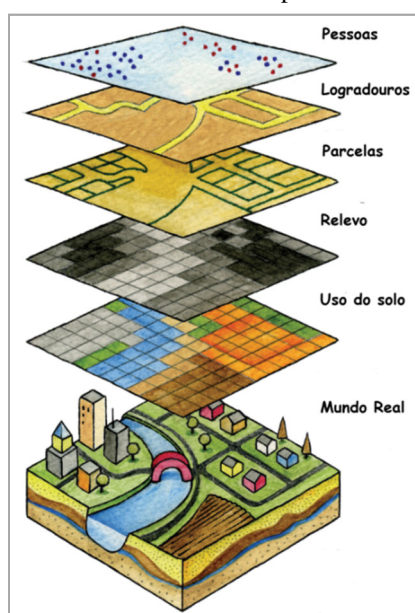
Dentro dessas novas geotecnologias existentes, ressalta-se o Geoprocessamento, que é comumente definido entre diversos autores como um conjunto de ciências, técnicas e tecnologias utilizadas na aquisição, gerenciamento e processamento computacional de dados geograficamente referenciados com o objetivo de produzir informações geográficas. Entre esse conjunto que integram o geoprocessamento, pode-se ressaltar o Sensoriamento Remoto, a Geodésia, a Cartografia, a Fotogrametria, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), entre outros.

Os SIGs são programas computacionais e são tidos como um dos componentes mais importantes do Geoprocessamento, tornando-se cada vez mais imprescindíveis nas análises sócio-ambientais. Esses programas computacionais possuem ferramentas para a aquisição, armazenamento, gerenciamento, processamento e publicação de dados e informações geograficamente referenciadas.

Os programas de SIG apresentam os seguintes componentes: *Hardware*: corresponde ao computador e aos periféricos utilizados para que um SIG opere; *Software*: fornece as ferramentas necessárias para armazenar, analisar, e visualizar as informações geográficas; Recursos humanos: usuários que vão desde especialistas técnicos que customizam e mantêm o sistema operando até aqueles que usam o sistema como ajuda para o seu trabalho diário; Base de dados: dados geográficos e alfanuméricos, geralmente organizados em um banco de dados geográfico; Métodos/procedimentos: modelos e práticas operacionais específicas para cada transformação do dado em informação.

De acordo com Burrough (1986, apud LINO, 2013), um programa de SIG pode ser amplamente utilizado em diversas aplicações, sobretudo as ambientais, na obtenção de informações geográficas necessárias para a previsão de determinados fenômenos e/ou para dar suporte à decisões de gerenciamento e planejamento. Neles, o mundo real é representado por conjuntos de camadas temáticas, tanto vetoriais (pontuais, lineares e poligonais) quanto matriciais (imagens satelitárias), conforme apresentado na Figura 42. A organização computacional dessas camadas depende da arquitetura dos programas computacionais. Alguns programas trabalham com um único arquivo e cada camada é um subconjunto de dados dentro deste arquivo enquanto outros programas consideram cada camada como um arquivo separado.

Figura 42 - Exemplo de camadas temáticas suportadas em programas de SIG.



Fonte: CTMGEO (2017)

Logo, como os SIGs possuem vastas ferramentas que permitem a visualização, manipulação e processamento de dados, é possível se avaliar, entre outros, a vulnerabilidade ambiental de determinada região, sendo esse um dos objetos desse estudo.

3.8 ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL

À medida que o homem evolui e passa a ocupar os espaços, os padrões naturais de determinada região vão se alterando. Cada nova estruturação impulsiona novas linhas de evolução, novos mecanismos e novos condicionantes. Os mecanismos e condicionantes originados pelas forças naturais se apresentam por variações centenárias ou até milenares e são responsáveis pela

formação de paisagens. E, cada paisagem apresenta uma determinada vulnerabilidade às ações do homem, devido às características e funções de seus componentes. Todavia, é importante ressaltar que componentes naturais como o clima, as características e propriedades dos terrenos entre outros são elementos que não podem ser facilmente alterados pelo homem. Em uma escala maior, os efeitos da ação humana podem ser sentidos mais pelo próprio homem do que pela natureza. (SANTOS, 2007).

Segundo Acseirad (2006), a vulnerabilidade é uma noção relativa e está normalmente associada à exposição aos riscos. Designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infra-estruturas ou ecossistemas de sofrerem algum tipo particular de agravo. De acordo com Calderano Filho et. al. (2015):

“o conceito de vulnerabilidade ambiental envolve conceitos como o de fragilidade, sensibilidade, suscetibilidade e estabilidade, em graus diferenciados dos componentes ambientais a determinado risco, proveniente de qualquer alteração em seu equilíbrio.”

A fragilidade, segundo o mesmo autor, pode ser descrita como a capacidade de reação ou não às transformações, enquanto a sensibilidade tem uma definição mais relacionada à capacidade amortizadora.

Nesse sentido, a avaliação da vulnerabilidade de determinado local deve envolver estudos básicos de dados que são determinantes, considerados como variáveis ambientais. Segundo Donha et. al. (2006), na análise da vulnerabilidade, essas variáveis ambientais (solos, relevo, geologia, água, clima e vegetação) devem ser avaliados de maneira integrada, considerando-se sempre as intervenções antrópicas modificadoras dos ambientes naturais.

As informações geradas pelas avaliações das variáveis ambientais nas análises de áreas ambientalmente vulneráveis são importantes no sentido de subsidiar projetos em diversas áreas, bem como a de recuperação de áreas degradadas, instalação de Unidades de Conservação, sistemas agroflorestais, instalação de aterros sanitários, entre outros.

Para a avaliação da vulnerabilidade das áreas de aterros sanitários instalados na RMG, foram levados em consideração as seguintes variáveis ambientais: Solo, TWI, Fator LS, Fator LF. Todas essas variáveis são descritas a seguir.

3.8.1 Solos

O estudo sobre o solo é amplo e diversificado, abrangendo diferentes vertentes. Para a análise de vulnerabilidade ambiental das áreas de instalação de aterros sanitários da RMG, o item que se levou em consideração foi a qualidade do solo, apesar de ainda não existir modelos considerados confiáveis para se mensurar essa qualidade. Normalmente, a qualidade tem sido avaliada em três diferentes aspectos, sendo esses químicos, biológicos e físicos (VEZZANI E MIELNICZUK, 2009, apud DAMANE, 2016).

Em relação aos aspectos químicos, geralmente são avaliados de acordo com indicadores como teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação de bases e de alumínio (ARAÚJO et. al., 2012).

Já os aspectos biológicos, ainda segundo Araújo et. al. (2012), são considerados indicadores importantes aqueles relacionados à biomassa microbiana do solo, cuja avaliação é útil para obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo. Outros indicadores de destaque são o nitrogênio mineralizável, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, que são indicadores importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal.

E, finalizando, os aspectos físicos, que, de acordo Damane (2016), leva-se em conta indicadores como a compactação e a porosidade, densidade, a resistência à penetração, cor e textura são dados importantes que devem ser considerados quando se trata de aspectos físicos do solo. Dentre esses parâmetros físicos, ressalta-se a importância da avaliação da textura do solo, pois é através dela que se pode observar as características de infiltração e retenção de água no solo. Ainda segundo Damane (2016), “solos argilosos a infiltração tende a ser mais lenta que em solos arenosos, os quais possuem ainda baixa taxa de retenção de água”.

Conceituando, a infiltração se define pela passagem de água que está na superfície do solo para o seu interior. De acordo com Tomaz (2010), a infiltração é um fenômeno difícil de ser determinado com exatidão e que varia no tempo e no espaço, o que o torna um assunto extremamente complexo.

Apesar de sua complexidade, infiltração é um indicador que deve ser observado, pois geralmente aponta a ocorrência de degradação das características físicas naturais do solo (SEIXAS, 1988 apud DAMANE, 2016).

Dessa forma, a análise e avaliação das propriedades físicas de um solo se torna uma das principais ferramentas para a determinação da vulnerabilidade ambiental em diferentes regiões.

A partir de estudos realizados pelo laboratório de estudos em monitoramento ambiental da UFG, verificou-se a existência dos seguintes tipos de solo para a RMG: latossolo, argissolo, cambissolo, neossolo e gleissolo. Conforme Silva e Castro (2002) os mesmos são assim caracterizados:

- **argissolo:** solos que apresentam horizonte subsuperficial de acúmulo de argila, isto é, partículas de argila migram do horizonte A e depositam-se no B do tipo textural. Possuem como camadas mais superficiais os horizontes A e E. São, portanto mais arenosas. Têm profundidade menor, proporções ligeiramente maiores de silte e de minerais pouco resistentes ao intemperismo, além da mais marcante diferenciação de horizontes;
- **cambissolo:** possuem aspectos que indicam formação mais avançada, ainda que incipiente, se comparados com os Neossolos. São considerados como solos em fase de mudança porque, pela pequena espessura e pouca diferenciação, não são desenvolvidos o suficiente para serem considerados nítico ou latossólico. São na maioria cascalhentos e pedregosos, de pequena espessura e ocorrem em relevo que varia de suave a forte ondulado;
- **gleissolo:** solos formados por materiais originários estratificados ou não e sujeitos a constante ou periódico excesso d'água. Os solos desta classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água. São definidos como sendo hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei, que pode ser um horizonte subsuperficial (C, B ou E) ou superficial A;
- **latossolo:** tipo de solo mais comum no estado. Existe uma predominância de argilas do tipo caulinita cujas partículas são revestidas por óxidos de ferro os quais são responsáveis pelas típicas cores avermelhadas. Possuem textura uniforme. O horizonte B de estrutura é composta por agregados arredondados e muito pequenos (0,5 a 3,0mm) acomodados de modo a deixarem uma grande quantidade de macroporos entre eles, o que proporciona uma alta permeabilidade à água, mesmo com elevados teores de argila; e

- **neossolo:** solos delgados, com horizonte A, de espessura inferior a 40 cm, assentado diretamente sobre rocha consolidada. Ocorrem geralmente em rampas muito inclinadas, áreas de relevo acidentado, e ao lado de afloramentos rochosos. São comumente associados com outros solos pouco desenvolvidos como os cambissolos. Constituem mantos de intemperização profundos, arenosos, uniformes e soltos, compostos quase que exclusivamente de quartzo.

3.8.2 Índice de Saturação do Solo ou Índice de Umidade Topográfica (TWI)

Em decorrência da constância e da intensidade dos períodos chuvosos, alguns tipos de solo tendem a saturar com maior facilidade em relação a outros, devido à sua maior facilidade de infiltração.

Segundo Lotte, Almeida e Valeriano (2015), um importante fator observado causador desse efeito é a declividade da região. Além desse, observa-se o Índice de Saturação do Solo, também chamado de Índice de Umidade Topográfica (*Topographic Wetness Index-TWI*).

O TWI é um índice de umidade constante e, segundo Siqueira (2012), é responsável por quantificar o controle da topografia local nos processos hidrológicos, indicar a distribuição espacial da umidade do solo e ainda indicar a saturação da superfície do solo. Haas (2010) e Lin et. al (2006), apud Siqueira (2012) dizem ainda que:

O índice descreve a tendência de a água acumular em algum lugar da bacia, e a tendência da força gravitacional para mover a água pela encosta. Áreas úmidas podem surgir tanto em grandes áreas de contribuição quanto em áreas planas, enquanto áreas com baixo valor de TWI são mais secas, resultantes de áreas declivosas ou pequenas áreas de contribuição. Altos valores de TWI em uma bacia indicam em primeiro lugar uma saturação da superfície e, portanto, apontam áreas de contribuição.

Em algumas áreas de estudo, o TWI tem sido mostrado como estudos para prever a profundidade do solo (GESSLER et al., 1995). Ela envolve a área contribuinte de cima (a), um raster de inclinação (MDT ou MDE) e um par de funções geométricas. O valor de “a” para cada célula no raster de saída (o raster TWI) é o valor em um raster do fluxo de acumulação para o MDT/MDE correspondente.

O TWI é essencial para indicar então a distribuição espacial da umidade do solo e saturação de superfície (LOTTE, ALMEIDA e VALERIANO, 2015). Valores TWI mais elevados representam depressões de drenagem enquanto valores mais baixos representam cristas e cumes.

Portanto, a identificação de áreas com saturação hídrica é de grande relevância na avaliação da vulnerabilidade ambiental. Assim como as demais variáveis utilizadas nessa avaliação, com o auxílio do geoprocessamento, atualmente existem ferramentas que auxiliam no cálculo do TWI nos mais diversos *softwares* de SIG.

3.8.3 Fator Topográfico ou Comprimento da Declividade (LS)

De acordo com Costa et. al. (2009), para se quantificar a perda de solo por erosão laminar geralmente são utilizados modelos como o da equação empírica universal da perda do solo USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Ainda segundo os autores:

A USLE correlaciona a perda de solo com a capacidade erosiva de chuvas intensas, com a erodibilidade do solo, com a declividade contínua do terreno (rampa), com o grau de proteção da cobertura/uso da terra e com o nível de conservação do solo, exigindo o levantamento do perfil de solos, análise mineralógica e de infiltração para o cálculo da erodibilidade.

A USLE apresenta diversas equações, mas para a avaliação da vulnerabilidade ambiental da RMG, priorizou-se o fator topográfico, chamado Fator LS.

O fator de topografia do relevo é representado pela declividade e pelo comprimento do terreno. Esse fator possui grande influência sobre a erodibilidade do solo (MATOS, 2015). Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2012), o tamanho e a quantidade de material conduzido pela erosão hídrica estão sujeito à velocidade com que escorre, e essa velocidade é um produto do grau de declividade do terreno. Logo, o Fator LS representa o efeito da topografia sobre a erosão. O comprimento da rampa topográfica vai influenciar diretamente nas perdas do solo pois dela dependem o volume e a velocidade das águas. Resumindo, quanto maior o Fator LS, maior o potencial erosivo.

O Fator LS, representados por L (do inglês *length*) e S (do inglês *slope*), na construção da equação universal de perda de solo, os dois fatores são analisados separadamente. Contudo, os dois fatores foram considerados como um único fator, para uma aplicação mais prática da equação (WISCHMEIER & SMITH, 1978, apud MATOS, 2015). Segundo Matos (2015), este

fator foi acurado para segmentos de declives uniformes e não muito acentuados. Com o intuito de automatizar os cálculos, autores diversos sugeriram algoritmos cujas metodologias foram elaboradas utilizando ferramentas de geoprocessamento, desenvolvidas em ambientes SIG. Para tal, são utilizados insumos de Sensoriamento Remoto, baseado principalmente em Modelos Digitais de Terreno/Elevação (MDT/MDE).

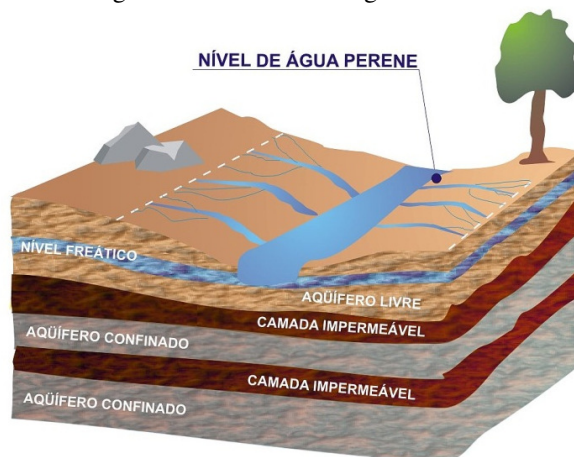
3.8.4 Profundidade do lençol freático (LF)

Conceitualmente, o termo “lençol freático” vem do grego *phréar* + *atos* e significa “reservatório de água”. Segundo Albuquerque (2002):

“Nome dado à superfície que delimita a zona do subsolo onde os poros estão totalmente preenchidos por água. A pressão da água nesta superfície está em equilíbrio com a pressão atmosférica. Por serem rasos são muito vulneráveis à poluição.”

Apesar de estarem em camadas diferentes, conforme pode ser observada na Figura 43, a vulnerabilidade do lençol freático e do sistema aquífero depende principalmente de propriedades físicas, da sensibilidade a impactos naturais e antrópicos.

Figura 43 - Camadas de águas subterrâneas



Fonte: Dantas (2013).

Guinger e Kohnke (2002) defendem a ideia de que a vulnerabilidade baseia-se no fato de que o aspecto físico do solo oferece certo grau de proteção contra contaminação das águas subterrâneas. Assim, algumas áreas são mais propensas a contaminação que outras. Desta forma, a avaliação da vulnerabilidade acaba sendo relativa e com critérios muitas vezes subjetivos.

Por ser mais superficial, o lençol freático se torna automaticamente mais propenso às contaminações e consequentemente são mais vulneráveis, quando comparado aos aquíferos.

Santos et al. (2007) reforça a ideia ao afirmar que devido a pouca profundidade do lençol freático, este se torna altamente vulnerável à poluição. Isso acarreta certa inadequabilidade para implantação de loteamentos residenciais, comerciais e industriais, disposição de resíduos de qualquer natureza e de lavouras que façam uso de agrotóxicos.

O método mais utilizado para calcular a profundidade do nível do freático é através da medição de piezômetro e em seguida algum tipo de potenciômetro para apresentar os resultados em um mapa temático. Contudo, com a evolução das novas tecnologias, uma ferramenta de análise geoestatística foi desenvolvida para ser operada em *softwares* de SIG. Essa ferramenta utiliza como parâmetro de entrada, imagem com informações de relevo, de onde se pode obter, além disso, dados como a declividade do local, curvas de nível, entre outros.

3.9 REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESÍDUOS SÓLIDOS

Não existe norma brasileira voltada para a RAD por RSU. Assim, alguns conceitos utilizados tem como referência a NBR 13.030/1999 para a RAD pela mineração.

A reabilitação corresponde ao conjunto de procedimentos através dos quais se propicia o retorno da função produtiva da área ou dos processos naturais, visando adequação ao uso futuro. A recuperação consiste no conjunto de procedimentos através dos quais é feita a recomposição da área degradada para o estabelecimento da função original do ecossistema. E a restauração determina o conjunto de procedimentos através dos quais é feita a reposição das exatas condições ecológicas da área degradada, de acordo com o planejamento estabelecido (ABNT, 1999).

Um dos grandes desafios de encerramento dos lixões, proposto como meta pela PNRS, é a RAD devido à disposição inadequada de resíduos sólidos. Tal intervenção visa reabilitar essas áreas para o uso do solo ao qual se pretende, respeitando as devidas restrições legais e suas fragilidades e aptidões ambientais.

O que se nota, quando é interrompido a atividade de disposição em uma determinada área, é o abandono dessa primeira, porém com a ocorrência da contaminação do solo e das águas devido a lixiviação, e instabilidade dos maciços, visto que continua existindo atividade biológica.

A escolha da melhor técnica deve ser precedida de estudos das características da área, das características dos resíduos e do histórico de operação da atividade de disposição. De acordo com Feam (2010), esses estudos devem contemplar no mínimo análises físicoquímicas e biológicas das águas subterrâneas e superficiais adjacentes, levantamento planialtimétrico, sondagens e análise geotécnica, a fim de se conhecer o nível de contaminação do solo e das águas, e ainda a estabilidade do terreno, avaliando assim as condições do comprometimento ambiental do local (ALBERTE et al, 2005).

Basicamente a RAD por RSU compreende duas situações: a readequação do lixão em aterro sanitário ou a desativação acompanhada da recuperação, que compreendem tratamentos primários, secundários e terciários. Os primeiros envolvendo processos físicos de manejo ou confinamento dos resíduos, enquanto que os demais tipos envolvem a remediação por meio de processos físicoquímicos e biológicos e o destino dos resíduos resultantes dos tratamentos anteriores envolvendo os sólidos, líquidos e gasosos (ALBERTE et al, 2005).

No Estado de Goiás é exigido, segundo Resolução CEMam Nº 05/2014, os seguintes itens para a elaboração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD): concepção geral; plano de confinamento dos resíduos sólidos; sistema de drenagem superficial e das bacias de contenção; indicação da área de empréstimo de solo; plano de revegetação; plantas, cortes e detalhes importantes; restrições para o uso futuro da área; cronograma de execução de obras e de monitoramento; e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) (CEMAM, 2014).

3.9.1 Readequação do lixão em aterro sanitário

A readequação do lixão em aterro sanitário será preferível sempre que a área, em que os resíduos estejam dispostos, atenda aos critérios de localização das legislações vigentes e das normas da ABNT, NBR 13.896/1997, NBR 8.419/1992 e a NBR 15.849/2010 para os aterros de pequeno porte. Além do mais, segundo a Feam (2010), a área deve possuir capacidade de recepção dos resíduos por no mínimo 15 anos. Essa técnica deve ser precedida da elaboração de projeto conceitual e executivo que cumpra as normas anteriormente citadas (FEAM, 2010).

A escolha desta técnica nos casos em que a área apresente aptidão para este uso, é justificada devido:

- a dificuldade de existência de novas áreas, principalmente em regiões metropolitanas ou municípios inseridos em área de proteção ambiental (APA) distantes de outros municípios que possuam áreas adequadas;
- à possibilidade de não surgimento de novas áreas degradadas; e
- à intensificação dos monitoramentos e controles ambientais na área degradada a partir da instalação do aterro sanitário com disponibilidade de maquinários e instalação de infraestrutura que permita a mitigação dos impactos com maior facilidade e a menores custos.

Segundo o IBAM (2001), algumas ações são importantes para readequação dos lixões em aterros sanitários:

- entrevista com funcionários antigos da instituição responsável pela disposição final para delimitação da extensão da área que possui resíduos;
- delimitação e cercamento da área;
- sondagem para conhecer a espessura das camadas de resíduos e o nível do lençol;
- remoção dos resíduos em camadas de espessuras menores que 1 m, empilhando-o em camadas mais espessas;
- conformação dos taludes com declividade 1:3 (V:H), equivalente a máxima inclinação de 33% (ALBERTE et al, 2005); e
- demais ações descritas nos itens a seguir.

Segundo Albarte et al (2005), há uma carência de estudos sobre RAD por resíduos sólidos. Geralmente as técnicas empregadas são muito parecidas, como as adotadas no PRAD do lixão de Goianésia, estado de Goiás, os quais indicaram a remoção dos resíduos perigosos provenientes de baterias automotivas e encaminhamento para o tratamento específico, readequação da área de RSU para as condições de aterro sanitário, e recuperação da área escavada com solo natural da região. As medidas estruturantes envolveram: instalação de drenos periféricos para coleta de água pluvial, ligação de dreno de percolado já existente no Aterro Sanitário, instalação de drenos de gases no interior da massa de resíduos e reconformação do material de cobertura para afastamento das águas pluviais para fora da trincheira (CARVALHO e PFEIFFER, 2005).

3.9.2 Desativação e recuperação

A desativação e concomitante recuperação primeiramente deve ser precedida de um PRAD, elaborado por profissional técnico habilitado no respectivo conselho de classe, e pode ser realizada por meio de técnicas de remoção dos resíduos, recuperação simples ou recuperação parcial (FEAM, 2010).

3.9.2.1 Remoção dos resíduos

Segundo Feam (2010), teoricamente, toda recuperação de uma área degradada deveria contemplar a remoção dos resíduos e o encaminhamento destes a um aterro sanitário. No entanto, na prática, essa atividade é bem inviável economicamente e também pode apresentar riscos de contaminação do solo, do ar e das águas subterrâneas e superficiais, de forma acelerada, ao se revolver a massa de resíduos parcialmente ou completamente.

A remoção de resíduos não pode ocorrer quando o local de destino do resíduo removido possuir condições similares ou inferiores à área de referência. Preferencialmente, o destino do resíduo removido deve ser um aterro sanitário instalado em uma área adequada ambientalmente. Caso não seja possível essa opção, a remoção do resíduo de uma determinada área deve apresentar vantagens ambientais, tais como:

- remoção do resíduo de uma área urbana para outra sem conflitos de ocupação, preferencialmente em uma área já degradada;
- remoção de uma área com maior vulnerabilidade à contaminação para outra menos frágil;
- remoção de uma área de alto valor imobiliário para outra menos nobre economicamente;
- dentre outras.

Esta técnica geralmente é recomendável quando:

- existe pouca quantidade de resíduos a serem removidos;
- os resíduos estiverem em área íngremes, que apresentam risco de escorregamento, em que há residências abaixo;
- existir risco de assoreamento de nascentes; e
- onde há risco de ruptura do maciço em função do empilhamento em grandes alturas.

3.9.2.2 Recuperação simples

A recuperação simples é uma técnica de confinamento e encapsulamento de resíduos no próprio terreno em que estes se encontram. Esta deve ser adotada quando é inviável a sua remoção para outra área adequadamente indicada.

Segundo a Feam (2010), a técnica é recomendada quando um conjunto de condições forem atendidas:

- o maciço deve possuir altura pequena e taludes estáveis que permitam a cobertura dos resíduos com solo e sem o manejo dos resíduos;
- deve existir áreas de empréstimo de solo para cobertura num raio de 1,5 km;
- não ter ocorrido a contaminação das águas superficiais ou subterrâneas, comprovadas em análises físico químicas;
- área de empréstimo ter sido disponibilizada à Prefeitura em condições financeiras que viabilizem seu uso;
- ter ocorrido a inclusão social de catadores em programas de coleta seletiva e sua organização em cooperativas;
- esta área não pode ser localizada em áreas:
 - de formação cárstica ou propícias à formação de cavernas;
 - de relevante interesse histórico, artístico e cultural, ou de sítios arqueológicos;
 - de preservação permanente (APP), APA's ou reservas biológicas; e
 - a menos de 200 m de corpos hídricos destinados a irrigação de hortaliças e consumo humano.

Segundo Feam (2010), a técnica ainda deve ser realizada por meio das atividades recomendadas:

- registro da área na Prefeitura como áreas de restrições aos usos;
- cercamento e delimitação da área com portão de controle de acesso;
- identificação do local com placas de sinalização;
- quantificação da extensão da área ocupada pelos resíduos;
- conformação do maciço em valas com a menor movimentação possível dos resíduos;
- adequação do platô superior com declividade mínima de 2% de modo a acumular água pluvial, o que favorece a lixiviação e a possibilidade de contaminação do ambiente local;
- instalação de drenos verticais para escape dos gases, evitando assim explosão e incêndios;

- cobertura do maciço com o mínimo de 50 cm de material argiloso, incluindo os taludes laterais, e caso haja necessidade, a instalação de manta sintética para impermeabilização do mesmo;
- lançamento de camada de solo ou composto orgânico para plantio de espécies nativas de raízes curtas, gramíneas;
- instalação de drenos horizontais para água pluvial a montante do maciço;
- dentre outras técnicas definidas pelo PRAD.

Um aspecto positivo da recuperação simples é adoção de equipamentos simples como trator de esteira. Um aspecto negativo é a restrição do uso futuro da área. Vale lembrar que a partir da RAD deve haver a destinação final dos resíduos para um aterro sanitário.

3.9.2.3 Recuperação parcial

A recuperação parcial é aplicada para municípios maiores ou em áreas em que não seja possível a recuperação simples. Esta técnica deve contemplar todas as atividades recomendadas para a técnica anterior, e ainda incluir:

- controle, drenagem e tratamento de lixiviado, por meio da recirculação ou encaminhamento para estação de tratamento de esgoto ou de efluentes no próprio local ou no futuro aterro;
- controle de recalques;
- coleta e desvio de águas superficiais de modo a evitar o acúmulo de águas de chuva; e
- controle da qualidade das águas superficiais e subterrâneas por meio da instalação de poços de monitoramento.

Dependendo das condições hidrogeológicas, poderão ser feitas obras de rebaixamento do lençol freático pra evitar o contato com os resíduos e a possível contaminação das águas subterrâneas (CEMPRE, 2002).

3.9.3 Remediação

A remediação é o tratamento secundário realizado por meio de processos bio-físico-químicos e que compreendem basicamente três concepções, de acordo com CEMPRE (1995):

- **anaeróbica:** tipo de sistema em que há a implantação de drenos de gases e de chorume, com ou sem o tratamento. É a que apresenta menores custos e um tempo maior de decomposição da matéria orgânica e portanto, demanda mais tempo para o monitoramento ambiental até sua estabilização;
- **biológica:** sistema que envolve a aplicação de microorganismos e cultura de bactérias que aceleram o processo de decomposição dos resíduos transformando-os em líquidos e gases. Após a decomposição, é possível teoricamente abrir as células e promover a segregação e recuperação das frações inertes. O processo é mais rápido, porém mais caro; e
- **semi-aeróbica:** é aquele processo em que há a condução de ar para o interior da massa, sem o bombeamento de ar. O bombeamento traria a condição aeróbica mais completa porém inviável economicamente. Possui a necessidade de drenagem dos gases e chorume e a abertura das valas, segregação e recuperação dos inertes é realizada como no processo biológico, acelerando a decomposição orgânica em relação ao processo anaeróbico.

No Brasil, algumas cidades como Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife e Salvador, já tiveram áreas descontaminadas. Com esta técnica, é possível além de remediar as áreas contaminadas por resíduos é possível aumentar a vida útil das áreas de tratamento e disposição final (DANTAS, 2001).

3.9.4 Uso futuro da área reabilitada

A NBR 13.030/1999 (ABNT, 1999) estabelece como conceito de uso futuro de área reabilitada de aterros a utilização prevista para determinada área, considerando suas aptidões, intenção de uso e fragilidade do meio físico e biótico.

Assim como no uso futuro das áreas originalmente projetadas para aterros sanitários, as áreas reabilitadas devem prever o mesmo, em seu PRAD, e ser portanto aprovado pelo OCA competente, por meio de estudos e aptidão da área.

Recomenda-se nessas áreas, a implantação de áreas verdes com equipamentos esportivos, culturais, de lazer, campos de futebol, pistas de caminhada, dentre outros, para aquelas próximas a áreas urbanizadas. Pode ainda, ser utilizada para pastagens, viveiros ou plantações de lenhosas, desde que a camada de plantio esteja acima da camada selante do maciço, de tal forma que não ocorra a penetração das raízes na massa de resíduos. E ainda, a reabilitação deve

integrar à paisagem do entorno e atender as necessidades da população local, e estar em consonância com o Plano Diretor Municipal ou Regional e lei de uso do solo (FEAM, 2010).

O uso futuro da área reabilitada deve ser sempre precedida pelo monitoramento ambiental até sua completa estabilização, para que se garanta a segurança geotécnica do maciço e o devido controle ambiental do ar, solo e água. Segundo a Feam (2010), o monitoramento mínimo após o encerramento das atividades em uma área deve ser no mínimo 10 anos. Independente do encerramento das atividades de recuperação, o sistema de drenagem pluvial, de gases e de lixiviados deve ser mantidos por um período de cerca de 30 anos, adotado por ser um período suficiente para o maciço alcançar condições de relativa estabilidade (ALBERTE et al, 2005).

3.10 ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITERIAL

A Análise de Decisão Multicriterial (ADM) tem sido proposta para ajudar na seleção das melhores alternativas de um determinado problema, bem melhor que na tomada de decisão baseada somente em reflexões, visões e experiências pessoais (KAMI e WRCZBERGER, 1995; OPRICOVIC, 2007 apud ACHILLAS et al., 2013). A ADM fornece uma ferramenta que vai de encontro à necessidade dos tomadores de decisão tão bem quanto ganhando a mais ampla aceitação social possível.

Dentre as técnicas de ADM podem ser citadas: ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*) e PROMETHEE I e II (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) (ACHILLAS et al., 2013). Pode ainda ser citada a técnica de ADM do tipo SMART (*Simple Multicriteria-Attribute Rating Technique*).

A análise multicriterial do tipo SMART avalia critérios econômicos, ambientais e funcionais compostos por vários atributos. É o agente de decisão quem pondera percentualmente permitindo a hierarquização das alternativas-espacos (*Direct Rating*) por meio do cálculo do padrão peso normalizado. Esta técnica compreende as seguintes etapas: formulação do problema, identificação das alternativas, identificação dos critérios, determinação do valor original para cada critério, tomada de decisão provisória, análise de sensibilidade e tomada de decisão final (DUTRA e SILVA, 2009).

A desvantagem desse método é que o agente de decisão (AD) tem que ser um grande entendedor de todos os processos e ter acesso aos dados necessários para suas ponderações, para que não se corra o risco, da avaliação ser bastante subjetiva e particular (DUTRA e SILVA, 2009).

A técnica SMART foi aplicada para a escolha do aterro de inertes dos resíduos da construção civil (RCC) da Ilha Terceira, pertencente ao Arquipélago dos Açores. Segundo Dutra e Silva (2009), para encontrar a alternativa-espço com maior potencial de instalação primeiramente caracterizou-se a Ilha, de modo a enquadrar o problema, posteriormente, caracterizaram-se os resíduos inertes, e finalmente, utilizou-se a ferramenta: análise multicriterial. A SMART foi aplicada visto que a localização de um aterro é um processo de decisão multicriterial no qual são definidos diversos atributos por meio de ponderações de modo que seja possível a escolha das alternativas consideradas *à priori*.

No entanto, a ADM tem sido utilizada recentemente pelos tomadores de decisão em gestão de resíduos sólidos, a partir da publicação de Saaty e Gholmnezhad em 1982, para a definição de estratégias para a gestão de rejeitos radioativos. O uso dessas técnicas tem crescido ano após ano (ACHILLAS et al., 2013). A técnica tem se baseado na Análise Hierárquica de Processos (AHP), usada por Saaty em 1980 (ACHILLAS et al., 2013).

A técnica AHP tem sido utilizada na avaliação das condições de saneamento, incluindo resíduos sólidos, em assentamentos rurais da reforma agrária, servindo como ferramenta eficaz para a definição de prioridades na aplicação de investimentos e proposição de melhorias (BARROS, 2013). O método AHP foi utilizado para proposição de um modelo de apoio à decisão para alternativas tecnológicas de tratamento de RSU na Região Nordeste do Brasil (LIMA et al, 2013). Tem sido empregada ainda para estudos de seleção de área para aterros sanitários e análises ambientais com uso de SIG (KONTOS, 2005).

3.10.1 Análise Hierárquica de Processos (AHP)

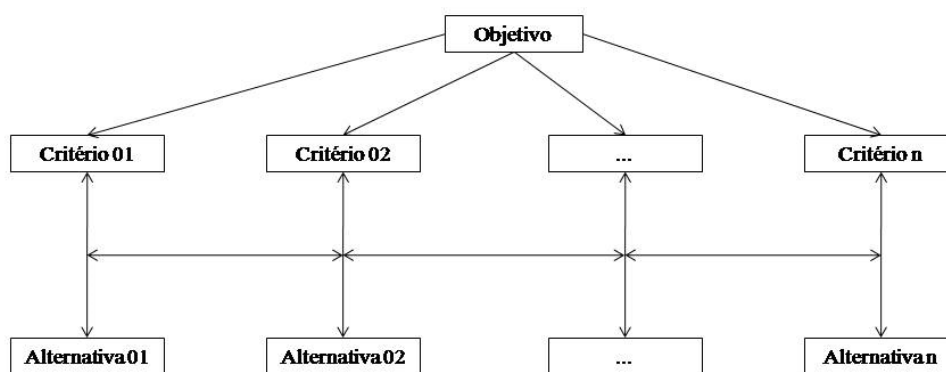
O método de Análise Hierárquica de Processos, foi criado por Thomas L. Saaty no início da década de 1970, e atualmente é o método multicriterial mais utilizado para a tomada de decisão (MARINS et al, 2009; COSTA, 2002).

Segundo Costa (2002), a situação ou problema de decisão pode ser baseado em diferentes tipos: escolha, classificação, ordenação de acordo com algum critério, classificação ordenada por

classes, e priorização de alternativas, o qual consiste no estabelecimento de prioridades sobre uma em relação às demais. No presente estudo, o método AHP se propôs a trabalhar com a priorização, visto que por esta forma de decisão é possível hierarquizar a prioridade de cada alternativa em relação às demais no tocante ao alcance de um objetivo ou meta, avaliado(a) sob diferentes critérios.

Segundo Moisa (2005), o primeiro passo para se proceder a AHP, é a estruturação hierárquica do problema que se deseja resolver. A hierarquia simples é formada por apenas três níveis: o primeiro composto por um único elemento, o objetivo ou meta; o segundo representa os critérios de avaliação adotados e o terceiro, as alternativas; como pode ser visto na Figura 44.

Figura 44 –Estrutura hierárquica simples do Método AHP

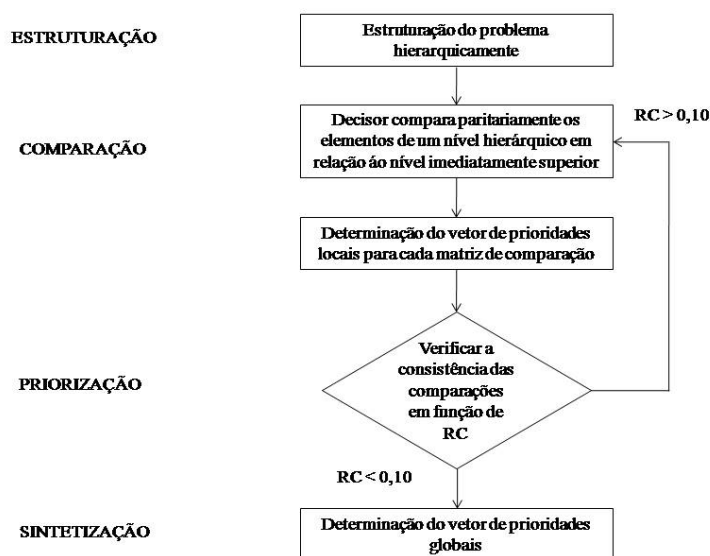


Fonte: Moisa (2005)

Não existe regras rígidas para construção de hierarquias, contudo é preciso observar algumas diretrizes ou princípios norteadores. Os elementos da hierarquia teve apresentar foco principal, é preciso definir um conjunto de alternativas viáveis para a tomada de decisão e o conjunto de critérios é que avaliará o desempenho de cada alternativa de modo que possa ser tomada a decisão para o cumprimento do objetivo ou meta global, que é o foco principal de resolução do problema de decisão (COSTA, 2002). O conjunto de critérios deve ser completo, mínimo (sem repetições, redundâncias ou superposições) e operacional (ser aplicável, viável) (CHANKONG E HAIMES, 1983) apud (COSTA, 2002).

Após a estruturação hierárquica é preciso conhecer o passo-a-passo para se encontrar as prioridades globais, conforme é mostrado na Figura 45.

Figura 45 - Funcionamento geral do método de Análise Hierárquica de Processos (AHP)



Fonte: Moisa (2005)

Na etapa de comparação, o decisor pode coletar dados de forma individual, coletando dados em: levantamentos *in loco*, análises laboratoriais, referenciando outros autores e métodos. Ou ainda o decisor, pode realizar julgamentos com o auxílio de um grupo de especialistas com experiências sobre o problema e que atribuirá de forma pareada valores em um grau de importância de um determinando elemento comparado a outro elemento de seu mesmo nível hierárquico em relação ao nível hierárquico superior (LUCENA, 1999). A comparação do grau de importância de um elemento sobre outro pode resultar em atribuições quantitativas, numa escala de 1 a 9, conforme Quadro 14, proposta por Saaty (1977).

Quadro 14 – Escala de julgamento de Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida, sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma combinação de compromisso entre duas definições
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade <i>i</i> recebe um dos valores acima, quando comparada com a atividade <i>j</i> , então <i>j</i> tem o valor recíproco quando comparada com <i>i</i>	Uma designação razoável

Fonte: Saaty (1977)

A comparação paritária entre os elementos é estruturada na forma de uma matriz paritária, que por sua vez é uma matriz quadrada, onde os elementos das linhas C_i e os elementos das colunas C_j correspondem aos elementos de um determinado nível hierárquico. Já os elementos da matriz quadrada são os julgamentos resultantes da comparação a_{ij} obtidos pela Equação 2.

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (\text{Equação 2})$$

A matriz paritária A pode ser apresentada a seguir pela Equação 3.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ 1/a_{1j} & 1/a_{2j} & 1/a_{3j} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{Equação 3})$$

A matriz paritária A , quadrada $a \times a$, é uma matriz recíproca, na qual todo elemento a_{ij} corresponde a um $a_{ji} = 1 / a_{ij}$ e todo $a_{ii} = 1$ (LUCENA, 1999), formando assim uma diagonal igual a 1 e que serve como eixo de simetria na qual os elementos acima da diagonal são o inverso dos elementos abaixo. Nessa etapa, são encontradas as matrizes paritárias das alternativas em relação a cada um dos critérios estabelecidos e ainda a matriz paritária entre os critérios em relação ao objetivo geral. A ordem das matrizes paritárias das alternativas corresponde ao número de alternativas, assim como a ordem da matriz paritária dos critérios corresponde ao número de critérios.

Em seguida, passa-se para a etapa de priorização, na qual são encontrados os vetores de prioridade local para cada matriz paritária. Tal vetor, determina a importância ou prioridade de cada alternativa em relação a determinado critério de avaliação e é encontrado a partir do autovetor da matriz (MOISA, 2005). Segundo Moisa (2005), o autovetor da matriz de comparação paritária pode ser calculado por um dos métodos descrito a seguir:

1. somatório dos julgamentos paritários de cada linha da matriz e normalização posterior dos resultados;
2. somatório dos julgamentos paritários de cada coluna da matriz e normalização dos resultados depois de encontradas as recíprocas das somas;

3. divisão de cada elemento da coluna pelo somatório desta coluna e posterior cálculo da média aritmética de cada linha resultante; ou
4. produtório dos elementos de cada linha e posterior cálculo da raiz n -ésima, com a normalização do resultados encontrados (SAATY, 1991 apud MOISA, 2005).

Nota-se que aumenta-se a precisão do cálculo, do método 1 ao 4 (SAATY, 1991 apud MOISA, 2005), e assim este último pode ser descrito a partir da Equação 4;

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}, \quad (\text{Equação 4})$$

sendo que W_i é o autovetor da matriz paritária das alternativas em relação ao critério i , a_{ij} é o elemento da matriz após o julgamento e n representa a ordem da matriz. Já a normalização desse autovetor pode ser calculado pela Equação 5;

$$T = \left[\frac{W_1}{\sum W_i} \quad \frac{W_2}{\sum W_i} \quad \dots \quad \frac{W_n}{\sum W_i} \right], \quad (\text{Equação 5})$$

sendo que T corresponde ao vetor de prioridades locais normalizadas, W_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) representa o autovetor não normalizado e $\sum W_i$ é o somatório dos elementos do autovetor não normalizado (MOISA, 2005).

Seguidamente, é prosseguida a etapa de sintetização das prioridades com a determinação do vetor de prioridades globais. A junção lado a lado dos vetores de prioridades locais formada uma matriz não necessariamente quadrada, cujas linhas correspondem às alternativas e colunas correspondem aos critérios. O somatório da multiplicação de cada elemento da linha dessa matriz por cada elemento do vetor dos pesos dos critérios, origina um elemento do vetor de prioridades globais para determinada linha das alternativas. Encontrando todos os elementos, linha a linha, é originado então o vetor de prioridades globais o qual expressa a prioridade de cada alternativa, uma em relação às outras, segundo os critérios adotados para se atingir o objetivo traçado.

Por fim, é verificado a consistência lógica dos julgamentos a partir do cálculo do autovalor máximo, $\lambda_{\max}$, da matriz de comparação paritária, visto que ele representa a proporcionalidade

das preferências expostas em tal matriz (SAATY, 1977). Saaty (1977), simplifica o cálculo de $\lambda_{\max}$ a partir da Equação 6;

$$\lambda_{\max} = T * w, \quad (\text{Equação 6})$$

sendo que $\lambda_{\max}$ corresponde ao autovalor máximo da matriz de comparação paritária, T é o vetor das prioridades locais normalizadas e w é o vetor coluna formado pela somatória dos valores de cada coluna da matriz paritária (PAMPLONA, 1999).

A partir do valor de $\lambda_{\max}$ é calculado o índice de consistência (IC) pela Equação 7.

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}, \quad (\text{Equação 7})$$

Em seguida, calcula-se a Razão de Consistência (RC), pela Equação 8, que segundo Saaty (1977) deve ser menor que 0,10 para que haja consistência na matriz paritária gerada com os julgamentos;

$$RC = \frac{IC}{IR}, \quad (\text{Equação 8})$$

sendo IR um índice randômico, apresentado na Tabela 2, para cada valor n correspondente à ordem da matriz de comparação.

Tabela 2 - Valores do Número Randômico NR para ordem n de matriz de comparação

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
NR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1977)

Verificada a consistência da matriz de julgamento, é procedido a determinação das prioridades globais. Caso, haja inconsistência, deve ser feito novos julgamentos até que a condição de consistência seja atendida.

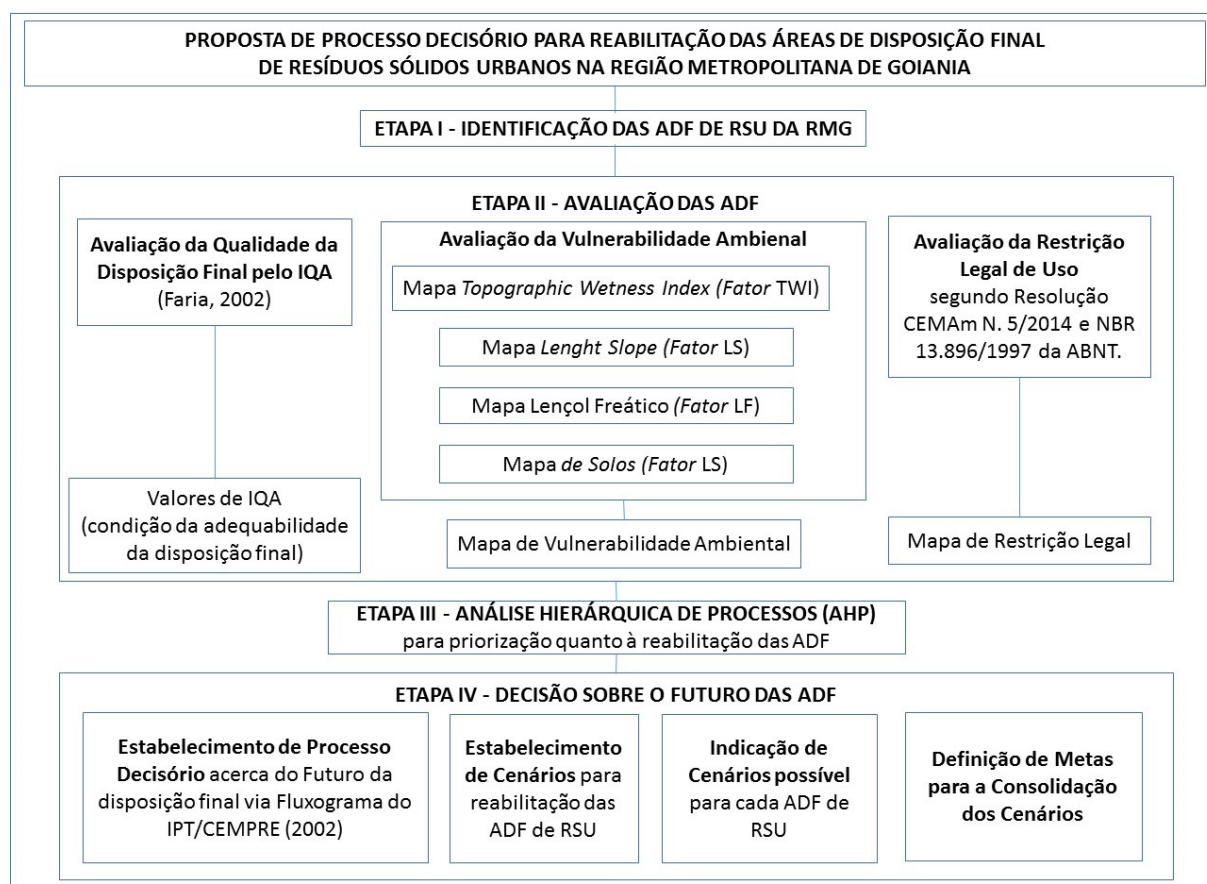
Após o encontro das prioridades globais é realizada a análise de sensibilidade, a qual consiste na checagem pelo agente decisor ou grupo de especialistas quanto a resposta encontrada para o problema de decisão. Nesta etapa, pode ser feita alterações dos pesos ou notas das alternativas no sentido de conferir se o vetor de prioridades globais indica a melhor priorização das alternativa para o alcance do objetivo geral, e então é tomada a decisão final acerca da priorização das alternativas que será escolhida.

Conforme Tavares et al (2003), a análise de sensibilidade objetiva estabelecer o efeito de uma variação de um determinado parâmetro no seu valor total.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada por meio das etapas representadas no fluxograma da Figura 46, cada uma delas com seus próprios métodos de avaliação, utilizando diferentes fontes e formas de coleta de dados.

Figura 46 – Fluxograma metodológico adotado na proposta de processo decisório para reabilitação das ADF de RSU na RMG



Fonte: Autor (2017)

4.1 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

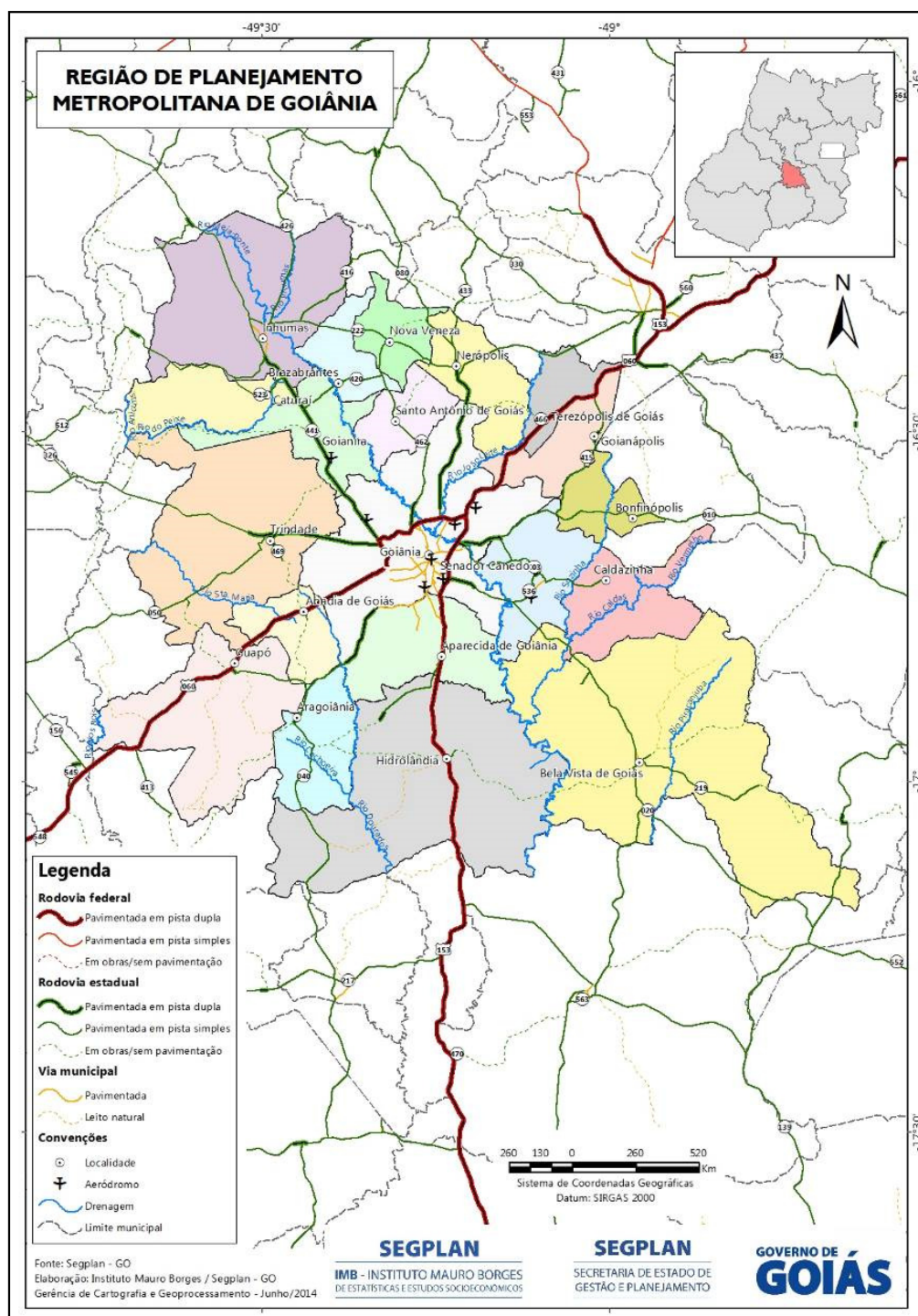
Foram definidas como áreas de estudo, as ADF de RSU de cada um dos 20 municípios da RMG apresentados na Figura 47. Segundo a Lei Complementar Nº 78, de 25 de março de 2010, atualmente, os 20 municípios que a compõem são: Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia, Bela Vista de Goiás, Bonfinópolis, Brazabrantes, Caldazinha, Caturai, Goianópolis, Goiânia, Goianira, Guapó, Hidrolândia, Inhumas, Nerópolis, Nova Veneza, Santo Antônio de Goiás, Senador Canedo, Terezópolis de Goiás e Trindade (GOIAS, 2010).

A pesquisa limitou-se aos locais, declarados pelos municípios; constatados nas visitas *in loco* e consolidados de fato como ADF de RSU. Não foram contemplados neste trabalho os pontos temporários de descarga clandestina de RSU por parte da população e que não configuravam um local de disposição final de RSU.

Constatou-se que cada um dos 20 municípios possuem atualmente um único local de disposição final, dentro de seus limites territoriais, com exceção dos municípios de Bonfinópolis e Guapó que possuíam 2 áreas: uma desativada e uma atual. Assim, nesse estudo foi feita a identificação e as avaliações em todas essas 20 atuais ADF de RSU.

Após a visita, as coordenadas geográficas da área foram registradas por meio da consulta na foto aérea de visualização na plataforma Google Earth. Na Google Earth foram demarcadas todas as áreas com legenda e salvas num arquivo no formato .kmz e .kml, as quais foram exportadas para o *software* ArcGIS, e posteriormente, foram feitas as análises ambientais da vulnerabilidade e das restrições legais.

Figura 47 - Mapa de localização dos municípios das áreas de estudo na Região Metropolitana de Goiânia



Fonte: IMB (2013).

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA RMG

A avaliação da qualidade da disposição final dos RSU na RMG foi realizada por meio da aplicação de um índice de qualidade de aterros, e obedeceu o seguinte procedimento:

- escolha do índice de qualidade de aterro mais aplicado à realidade da RMG;
- coleta de dados das 20 ADF de RSU da RMG; e
- adaptação e aplicação do Índice à legislação de Goiás e dos municípios da RMG.

4.2.1 Escolha do Índice IQA para a Região Metropolitana de Goiânia

A principal exigência quanto à escolha do melhor índice de qualidade de aterros para as 20 ADF de RSU foi que este deveria reunir o máximo de critérios técnicos, legais e normativos aplicáveis à RMG, presentes nos seguintes instrumentos:

- PNRS, disposta na Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010);
- NBR 8.419, de 30 de abril de 1992, que trata sobre a apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU (ABNT, 1992);
- NBR 13.896, de 30 de junho de 1997, que trata sobre aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação (ABNT, 1997);
- NBR 15.849, de 14 de junho de 2010, que trata sobre RSU – aterros sanitários de pequeno porte – diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento (ABNT, 2010); e
- Resolução CEMAm Nº5, de 26 de fevereiro de 2014, que dispõe sobre os procedimentos de Licenciamento Ambiental dos projetos de disposição final de RSU, na modalidade aterro sanitário, e obras de RAD pela disposição final inadequada de RSU nos municípios do Estado de Goiás (CEMAm, 2014).

Como ainda não existe no Brasil um índice nacional de avaliação da qualidade dos aterros sanitários (IQAS), proposto pelo PLANARES, em sua Diretriz 3 (MMA, 2012), foi necessário escolher um índice, dentre os mais utilizados.

Dos índices existentes para a classificação e avaliação das ADF de RSU no Brasil, os mais empregados tem sido: o IQR (CETESB, 1998), o IQR-Valas (SMA/CETESB, 2005), o IQA

(FARIA, 2002), o IQS (2005), o IQR-Nova Proposta (CETESB, 2013) e o IQR-Valas-Nova Proposta (CETESB, 2013).

Por exclusão, não foram adotados:

- o IQR-Valas e o IQR-Valas-Nova Proposta visto que os sistemas de disposição final existentes na RMG não apresentam configuração de aterros sanitários pelo método de valas, definidos pelo Estado de São Paulo (SMA/CETESB, 2005), conforme pesquisa realizada no PERS-GO (SECIMA, 2015, 2014a, 2014b) e processos da SECIMA para licenciamento de ADF de RSU dos municípios da RMG; e
- o IQS por se tratar de um índice com critérios de exigência baseados na família de normas ISO 14.000, as quais dispõem sobre certificação de empreendimentos com Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), visto que na RMG até o presente momento não possui SDF de RSU com certificação ambiental (SECIMA, 2015, 2014a, 2014b; INMETRO, 2017). Portanto, exigir certificação ambiental seria muito distante da realidade hoje vivenciada em mais de 95% dos municípios goianos que não possuem nem sequer um local apropriado para a disposição final dos resíduos (SECIMA, 2015, 2014a, 2014b) e muito menos com certificação ambiental internacional.

Sendo assim, a dúvida pairou entre o IQR, o IQA e o IQR-Nova Proposta. O IQA foi escolhido para a presente pesquisa pelos seguintes motivos:

- além de contar com a experiência dos técnicos envolvidos no setor de resíduos, o IQA buscou a comprovação científica para a ponderação dos pesos a cada critério, por meio da Teoria da Análise de Valor com aplicação da Matriz de Avaliação Funcional adotados por Faria (2002);
- por ser mais completo que o IQR, com 9 critérios a mais; e
- por conter critérios de avaliação mais condizentes com a realidade da RMG, como pode ser visto no Anexo I.

Em relação ao IQR, o IQA:

- sanou uma incerteza que o IQR continha quanto ao resultado da nota 6,0, à qual podia ser atribuída tanto à condição inadequada quanto à controlada. Da mesma forma com a nota 8,0, que podia se referir à condição controlada ou adequada. Já no IQA, os valores 6,0 e 8,0 atribuem respectivamente ao aterro avaliado a condição inadequada e controlada;

- acrescentou novos critérios ao IQR e adaptou alguns já existentes, como a diferenciação do controle de cargas por balança, sem balança e sem nenhum tipo de controle, drenagem de gases, dentre outros;
- acrescentou o critério ‘monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases’, devido ao risco de contaminação do sistema solo-água-ar;
- acrescentou o critério ‘monitoramento da estabilidade dos maciços de solo e de resíduos, tão importante para a segurança operacional e ambiental;
- excluiu o critério ‘aspecto geral’, que inclusive, na escala de 0 a 5, concedia peso 4 para sistemas de disposição final em bom estado, o que garantia uma grande subjetividade do avaliador em um peso relativamente alto para esse critério em relação a outros mais importantes como ‘proximidade de corpos d’água, cujo peso máximo para melhores situações era de 3 pontos;
- excluiu o critério ‘eficiência da equipe de vigilância’, que foi contemplado no critério ‘portaria/guarita’, o qual deve cumprir essa função;
- acrescentou o critério ‘compactação dos resíduos’ também importante para a segurança operacional e geotécnica do maciço, além do aumento da vida útil a partir da otimização da área; e
- acrescentou importantes critérios para a adequada operação e proteção ambiental das ADF, como ‘funcionamento da drenagem de gases’, ‘funcionamento do sistema de monitoramento das águas superficiais, lixiviado e gases’, ‘funcionamento do monitoramento da estabilidade dos maciços’, ‘medidas corretivas’, ‘dados gerais sobre o aterro’, e ‘plano de fechamento’.

No que diz respeito ao IQR-Nova Proposta, devido à grande melhoria nas condições dos sistemas de disposição final em todo o Estado de São Paulo ao longo de 13 anos desde o 1º Inventário de Resíduos em 1998 até o ano de 2010, o índice se tornou mais detalhista e exigente, focado em investigações minuciosas de cada componente dos maciços solo-resíduos, os quais podem ser comprovadas nos critérios ‘dimensões da frente de trabalho’, ‘dimensões e inclinações’, ‘nivelamento da superfície’, e ‘homogeneidade da cobertura’, segundo planilha de avaliação da Cetesb (2015). As exigências são importantes e válidas para a realidade de melhoria contínua e atendimento à evolução das normas e legislações do Estado de São Paulo, porém quando aplicadas em regiões como a RMG, o próprio Estado de Goiás e a Região Centro-Oeste, se tornam tão exigentes que chega a inviabilizar a mudança do *status quo* de

respectivamente 75%, cerca de 82,82 % e cerca de 64,67% de disposição final inadequada de RSU nestes locais (SECIMA, 2015a; SECIMA, 2014b; ABRELPE, 2016) para o cenário de total disposição final ambientalmente adequada dos RSU. O próprio MMA (2012) reconhece o processo gradativo de alcance dessa meta da PNRS ao discriminar no PLANARES a meta de áreas de lixões reabilitadas e as metas de redução da disposição de resíduos secos e úmidos até o ano de 2031, e sempre inserindo uma meta menor para a Região Centro-Oeste em relação à Sudeste e Sul, devido à realidade desta (MMA, 2012). Além do mais, a maioria das ADF de RSU da RMG possuem concepção original com configuração geométrica em formato de trincheiras.

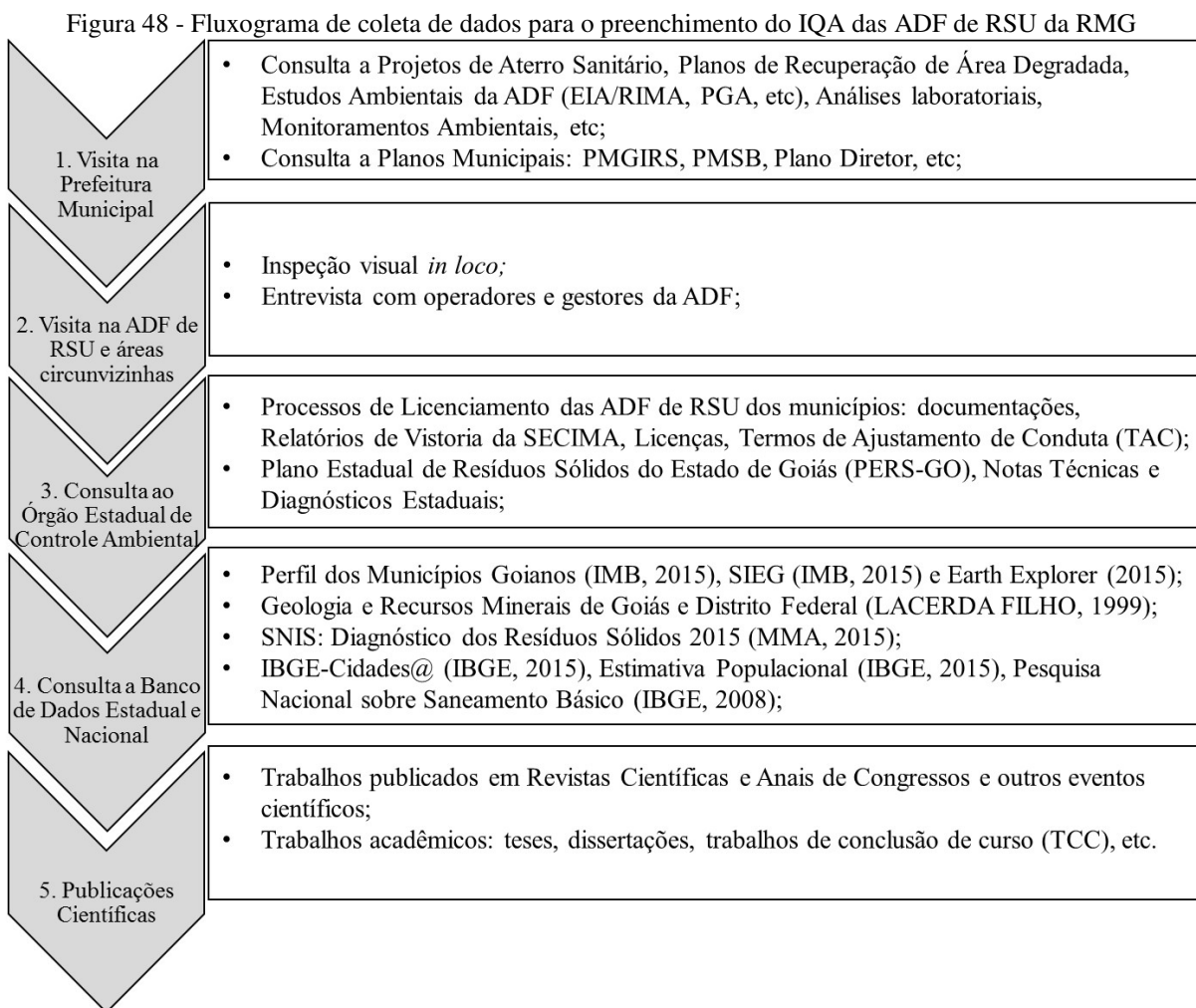
A desvantagem do IQA, em relação ao IQR-Nova Proposta, em apresentar o enquadramento das instalações em condições controladas não mais aceito no Brasil, a partir da promulgação da PNRS em 2010 e do cancelamento da Norma Brasileira NBR 8849/1985, em 2015, foi sanada com a consideração da faixa de valor entre 6,1 e 8,0 da ‘condição controlada’ como condição ambientalmente inadequada de disposição final de RSU.

Além do mais, vários estudos já avaliaram aterros com o uso do IQA, podendo ser citados os casos IQA-Palmas (MARINHO & OLIVEIRA, 2013; ANDRADE ET AL, 2013), e 15 municípios do Estado do Rio de Janeiro (FARIA, 2002).

Quanto à questão das exigências da Resolução CEMAm N° 5/2014 (SECIMA, 2014), procurou-se adaptar os valores mais restritivos do OCA do Estado de Goiás (a SECIMA) em relação aos critérios do IQA, originalmente aplicados aos municípios do Estado do Rio de Janeiro.

4.2.2 Coleta de dados para aplicação do IQA nas ADF da RMG

A coleta de dados nas áreas de disposição final (ADF) dos 20 municípios da RMG foi realizada seguindo o fluxograma apresentado na Figura 48, segundo o mesmo procedimento metodológico adotado por Faria (2002) para o preenchimento dos 48 subitens da planilha de cálculo do IQA. Da mesma forma, outros autores como CETESB (1998), LOUREIRO (2005), SMA/CETESB (2005) e CETESB (2010) utilizaram do mesmo procedimento para o cálculo de seus respectivos índices.



Fonte: Autor (2017)

As visitas foram realizadas no período de 27 de agosto de 2015 a 24 de maio de 2016, com exceção do município de Inhumas que foi visitado em 22 de fevereiro de 2017, sendo realizada uma única visita à ADF de cada município.

Na consulta aos projetos dos aterros, PMSB, PMGIRS, sondagens, análises, processos junto ao OCA e outros documentos junto às Prefeituras e operadores dos aterros, buscou-se principalmente conhecer a idade de uso da área, o tamanho da área, a capacidade suporte do solo, a permeabilidade do solo, a profundidade do lençol, impermeabilização da base do aterro e monitoramentos ambientais, nos casos em que não foi possível comprová-los *in loco*.

Também foram utilizados os dados georreferenciados utilizados na presente pesquisa e estudadas nos itens 4.3 e 4.4.

4.2.3 Aplicação e adaptação do IQA para a RMG

Foi determinado o IQA de cada uma das 20 ADF de RSU identificadas na RMG. Cada um dos 48 sub-item foram respondidos de acordo com os procedimentos e pesos adotados por Faria (2002) para aplicação do IQA nos municípios do Estado do Rio de Janeiro.

Todos os parâmetros utilizados para avaliar a pontuação dos 48 subitens do IQA, foram considerados com base nas recomendações descritas no item 3.5 da Fundamentação Teórica, relativo a todos os aspectos de um aterro sanitário.

Com relação ao subitem proximidade de núcleo habitacional foi considerada a distância entre a ADF e o perímetro urbano do município mais próximo medido na base GEO com auxílio do *software* ArcGIS, ou aglomerados característicos no rural, como condomínio de chácaras, vilas, distritos, identificados nos relatórios do OCA ou nos estudos considerados na coleta de dados apresentadas no Apêndice VI.

Como a presente pesquisa foi realizada na RMG, aplicou-se o IQA adaptando valores dos 48 sub-itens à exigências legais e normativas do Estado de Goiás e dos 20 municípios. Nesse caso, foi a Resolução CEMAm Nº 5/2014, a qual flexibilizou os procedimentos para municípios ou conjunto de municípios, que optarem por soluções consorciadas, cuja somatória das populações urbanas seja de até 100.000 habitantes, dispensando a apresentação do EIA/RIMA. No entanto, alguns critérios, relacionados principalmente com as características da área, ficaram mais restritivos, e portanto, foram adaptados ao IQA (FARIA, 2002) para que esta avaliação nas 20 áreas atendesse as exigências legais do Estado de Goiás, sem que houvesse uma mudança na forma de aplicação e a composição do índice.

Assim, a tabela do IQA para os municípios menores que 100 mil habitantes, apresentada no Apêndice II, teve os seguintes sub-itens adaptados de forma mais restritiva:

- **proximidade de corpos d'água:** foi considerado longe, distâncias acima de 300 m entre o perímetro da área do aterro e a margem do corpo d'água mais próximo. Assim, esse sub-item foi adaptado para o Quadro 15, não alterando o peso das respostas de avaliação (5 ou 0), visto que o grau de importância deste em relação aos outros 47 sub-itens permanece sendo o mesmo.

Quadro 15 - Sub-item proximidade de corpos d'água – segundo o IQA (FARIA, 2002) adaptado à Resolução CEMAm N° 5/2014.

Subitem	Avaliação	Peso
Proximidade de Corpos D'Água	Longe > 200 m	3
	Próximo	0

Fonte: adaptado de FARIA (2002).

- **profundidade do lençol freático:** aumentou-se a exigência mínima de 3 m de distância entre a base do aterro e a cota máxima do lençol freático (ABNT, 1997) para 5 m (CEMAm, 2014), atribuindo nota máxima de 4 pontos. Como, tanto a NBR 13.896/1997 e a Resolução CEMAm N° 5/2014, permitiu valores acima de 1,50 m para algumas situações possíveis detalhadas em cada um destes instrumentos normativos nos itens 3.2.1 e 3.2.2, foi adotado o intervalo maior que 1,50 m e menor ou igual a 5 m, como faixa média, com pontuação 2. E distância menor ou igual a 1,50, por ser entendido que desrespeitaria ambas normativas, foi atribuído pontuação nula. Assim, esse sub-item foi adaptado para o Quadro 16, sem que houvesse alteração do peso (4, 2 ou 0) das respostas de sua avaliação, visto que o grau de importância deste em relação aos outros 47 sub-itens também permanece sendo o mesmo.

Quadro 16 – Sub-item profundidade do lençol freático – segundo o IQA (FARIA, 2002) adaptado à Resolução CEMAm N° 5/2014.

Subitem	Avaliação	Peso
Profundidade do Lençol Freático	Maior ou igual a 5 m	4
	1,50 < h < 5 m	2
	Menor que 1,50 m	0

Fonte: adaptado de FARIA (2002).

Os municípios, com população inferior a 100 mil habitantes, que tiveram a avaliação das ADF de RSU com o IQA adaptado à Resolução CEMAm N. 05/2014 foram 16: Abadia de Goiás, Aragoiânia, Bela Vista de Goiás, Bonfinópolis, Brazabrantes, Caldazinha, Caturai, Goianápolis, Goianira, Guapó, Hidrolândia, Inhumas, Nerópolis, Nova Veneza, Santo Antônio de Goiás e Terezópolis de Goiás.

Para os municípios acima de 100 mil habitantes (Aparecida de Goiânia, Goiânia, Senador Canedo e Trindade), foi utilizada a tabelado IQA (FARIA, 2002) na íntegra, apresentada no Apêndice I, sem nenhuma adaptação dos sub-itens por conter exigências em conformidade com ambas legislações e normas, federal e estadual.

Outra adaptação que foi necessária para a aplicação do IQA (FARIA, 2002) foi o enquadramento das avaliações, de acordo com o novo marco legal do Brasil, que é a Lei N° 12.305/2010, que dispõe sobre a PNRS. Desde 2 de agosto de 2010, legalmente no Brasil,

somente é aceita a forma de disposição final ambientalmente adequada, conhecida como aterro sanitário de rejeitos. Sendo assim, a forma de disposição final conhecida como “aterro controlado” passou a não mais ser aceita e a ser considerada como inadequada, equiparando-se à condição dos conhecidos “lixões” por não apresentar todos os requisitos técnicos e legais de segurança ocupacional, de proteção à saúde pública e de proteção ambiental que o aterro sanitário oferece. Vale lembrar que a NBR 8.849/1985 voltada para apresentação de projetos de aterros controlados de RSU foi cancelada em 2015 (ABNT, 2015), e, portanto, nem do ponto de vista legal nem normativo, não é mais aceito este tipo de disposição final de resíduos.

Dessa forma, tanto as faixas de IQA de 0 a 6,0 quanto de 6,01 a 8,0, foram avaliadas como condições inadequadas de disposição final, e somente a faixa de 8,01 a 10,0 foram consideradas como condições adequadas de disposição final de RSU, como apresentado no Quadro 17.

Quadro 17 - Resultado da avaliação das áreas de disposição final de RSU, de acordo com o índice IQA adaptado à Lei 12.305/2010.

Índice de IQA	Avaliação
0,0 a 8,0	Condições Inadequadas
8,01 a 10,0	Condições Adequadas

Fonte: adaptado de FARIA (2002).

Nos casos, em que o conhecimento de determinado subitem, for insuficiente, duvidoso ou inexistente, depois de esgotadas todas as possibilidades de obtenção de sua resposta, sua avaliação será realizada de forma mais pessimista, a favor da segurança, atribuindo pontuação nula, da mesma forma que também foi realizado por Faria (2002), Loureiro (2005) e CETESB (2016).

Para a disposição final com configuração geométrica em trincheiras ou superficiais de pequena altura, até 15 a 20 m (REICHERT, 2007), foi considerada desnecessária o monitoramento da estabilidade do maciço e o conhecimento sobre a capacidade suporte do solo, visto que nesses casos, não existe o risco eminente de ruptura e desmoronamento, se mantidas as condições de estabilidades descritas no item 3.5.4.6.3 (CESTEB, 2016). Na pontuação do IQA, quando é desnecessário a resposta de um determinado subitem, atribui-se valor máximo (FARIA, 2002).

As demais exigências da Resolução CEMAm Nº 5/2014, não contempladas nos sub-itens, serão objeto de avaliação nos itens 4.3e 4.4, referente à avaliação espacial das ADF de RSU da RMG, o qual fornecerá valores importantes para se conhecer a vulnerabilidade ambiental das áreas ou as condições de restrições legal de uso das área segundo o OCA.

4.3 AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS ÁREAS

A vulnerabilidade ambiental apresenta as características intrínsecas das áreas quanto à susceptibilidade de degradação ambiental. As características do solo, do relevo, do lençol freático, dentre outras, podem configurar maior ou menor resiliência destas áreas no tocante aos impactos provocados, principalmente, pela disposição final inadequada de resíduos sólidos.

A avaliação das 20 ADF de RSU da RMG quanto à vulnerabilidade ambiental foi realizada por meio da elaboração de um mapa síntese resultante da combinação dos seguintes mapas temáticos: Fator TWI, Fator LS, profundidade do lençol freático e solos.

Essa análise foi realizada a partir do método de análise multicriterial, adotando critérios de restrições e fatores. Para as variáveis de restrição foi adotada a lógica *booleana* indicada por meio do valor 0 para área não apta e 1 para apta. Já a lógica *fuzzy* mediu de forma contínua o grau de aptidão à vulnerabilidade da área àquela variável, de forma mais gradual, de muito forte a muito fraca vulnerabilidade.

Após a geração dos mapas, foi feita a ponderação e normalização dos valores a fim de que haja uma transformação de unidades originais (metros, porcentagens, quilômetros, etc) para uma única base de mensuração e posterior combinação (SILVA, 2011). O Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental indica que a evidência combinada é mais importante que uma evidência individual (BACANI et al., 2015).

Dessa forma, após obtenção do mapa síntese, foi feita uma análise ambiental física da área, conferindo se a localização e as particularidades destas estavam em conformidade com os critérios de seleção definidos pelas normas técnicas e legislação vigentes, e principalmente quanto à fragilidade da área em específico.

4.3.1 Coleta de dados georeferenciados da RMG

A primeira etapa consistiu em organizar uma base de dados geográficos. A aquisição dos dados para a análise ambiental das ADF de RSU da RMG, basicamente, foi feita das seguintes bases:

- SIEG;
- UFG (LEMA);
- SIG do PERS-GO; e

- EARTH EXPLORER.

Essa etapa teve início acessando-se os principais sites da internet, onde existem dados geográficos disponíveis para o estado de Goiás. No portal do Sistema de Informações Estatísticas e Geográficas do Estado de Goiás (SIEG), site oficial do Estado de Goiás, obteve-se os dados cartográficos da RMG, tais como hidrografia, sistema viário e limites políticos, que foram utilizados na construção dos mapas temáticos. Já o *shapefile* do solo do Estado de Goiás foi disponibilizado pelo Laboratório de Estudos em Monitoramento Ambiental da Universidade Federal de Goiás (LEMA – UFG).

As imagens com informação de relevo utilizadas nesse trabalho foram a SRTMs (*Shuttle Radar Topography Mission*). Essas imagens foram geradas a partir de uma missão conjunta entre a NASA, a agência espacial alemã e a agência espacial italiana. Em fevereiro de 2000, o ônibus espacial americano *Endeavour* partiu para uma missão de 11 dias, com um sistema de radar especialmente modificado a bordo. A missão obteve dados com elevação espacial de 30 metros com a finalidade de gerar um banco de dados topográfico de alta resolução, oferecendo produtos na escala de até 1:50.000. Tais imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo site Earth Explorer, que é um dos sites administrados pelo USGS (*U.S. Geological Survey*) onde é possível ter acesso à dados de domínio público.

A partir desses dados foi possível a geração dos parâmetros de entrada necessários para a elaboração do mapa síntese sobre a vulnerabilidade ambiental da RMG.

De acordo com Câmara et al. (2001) apud Monteiro (2012), para inserção, manipulação, tratamento, análise e divulgação de dados geográficos existem diversas funções que são agrupadas de acordo com o tipo de dado tratado: análise geográfica, processamento de imagens, modelagem de terreno, redes, geodésia e fotogrametria etc. Esses dados sempre correspondem a uma geometria distinta.

Neste trabalho, as atividades de geoprocessamento utilizaram as seguintes funções:

- Modelagem Digital do Terreno: com base na SRTM obtiveram-se os mapas do índice de saturação do solo (TWI), o mapa do fator LS e o mapa do fator LF; e
- Análise Geográfica: com base nos dados vetoriais, realizaram-se procedimentos como recorte dos dados gerados (TWI, LS, LF), *buffers* e através de suas combinações, gerou-se informações temáticas.

Para a realização da modelagem e das análises geográficas, todos esses dados foram primeiramente padronizados para o sistema de projeção cartográfica, utilizando-se o *datum* SIRGAS-2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), que, de acordo com Resolução do Presidente do IBGE Nº 1/2005 é o sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN).

Atualmente, existe no mercado grande quantidade *softwares* de SIG, tanto proprietários quanto gratuitos e livres. Nesse trabalho, todas as análises foram realizadas com a ajuda de dois dos mais conhecidos programas de geoprocessamento, sendo eles o ArcGis (proprietário) e o QGis (livre). É importante ressaltar que o QGis ainda dispõe de outros *softwares* que auxiliaram na geração de dados oriundos do SRTM, como é o caso do SAGA Gis (livre).

Além disso, para efeito de comparação, teremos como subsídio dados presentes em outros estudos como:

- Mapa de vulnerabilidade ambiental da RMG elaborado pelo PERS-GO; e
- Macro-zoneamento Ecológico-Econômico do Aglomerado Urbano de Goiânia, realizado pelo IBGE em 1994.

4.3.2 Mapa do Fator TWI

De acordo com Capoane et al. (2015), a identificação de áreas com saturação hídrica (temporária ou permanente) é importante no entendimento tanto da dinâmica hidrológica quanto nas análises de áreas ambientalmente vulneráveis. O TWI se mostra importante pois aborda a relação entre a declividade local e a área de contribuição específica de montante possuindo, assim, uma variação espacial significativa.

O mapa do índice de saturação do solo é elaborado relacionando-se matematicamente a área de drenagem com a declividade, e, para a elaboração de mapas geomorfométricos faz-se necessário que se tenha disponível dados de relevo. Nesse trabalho utilizou-se as imagens SRTM, com resolução espacial de 30 metros, que oferece um resultado na escala de até 1:50.000.

Para a elaboração do mapa de TWI, que está relacionado com as condições de umidade do solo, indicando as tendências de saturação, utilizou-se a Equação 9,

$$TWI = \ln \left(\frac{a}{\tan B} \right) \quad \text{(Equação 9)}$$

em que “a” é a área de contribuição a montante, e “tan B” é a inclinação do terreno (Gessler et al. 1995).

Quanto mais elevado for o valor desse índice em um pixel, mais elevada será a umidade encontrada. O modelo considera que o fluxo infiltra até um plano de mais baixa condutividade, em geral o contato solo-rocha, seguindo então um caminho determinado pela topografia.

Com a ajuda do *software* de SIG, usando como parâmetro de entrada a imagem SRTM, obteve-se o resultado apresentado no Quadro 18.

Quadro 18 – Classificação do Fator TWI em função do número de pixels e fator de comparação na RMG

TWI	Fator de comparação	Vulnerabilidade
3,22 – 7,04	1	Muito Baixa
7,05 – 8,95	10	Baixa
8,96 – 11,76	100	Média
11,77 – 16,03	1.000	Alta
16,04 – 26,39	10.000	Muito Alta

Fonte: Autor (2017)

4.3.3 Mapa do Fator LS

Ainda com os dados SRTM, elaborou-se o mapa do fator LS, que se trata de um fator topográfico relacionado à erosão. De acordo com Salgado et al (2011), o comprimento de rampa (*slopelength* - L) e a declividade (*slopesteeptness* - S) foram um dos primeiros parâmetros topográficos utilizados para se equacionar os processos erosivos, passando então a ser utilizada como forma de se calcular o chamado Fator LS, que é um fator empregado pelos modelos empíricos de perdas de solo, como no caso da equação *Universal Soil Loss Equation* (USLE).

Segundo Wishmeier e Smith (1965 e 1978) apud Galdino e Weill (2011), esse fator representa a relação entre as perdas de solo em uma área com declividade e comprimento de encosta quaisquer e as perdas que ocorrem em uma parcela unitária padrão, com 22,1 m de comprimento e 9% de declividade.

Este fator é adimensional por se tratar de uma relação entre valores de perda de solo. Na USLE o fator LS é calculado de acordo com Equação 10,

$$L . S = \left(\frac{\lambda}{22,1} \right)^m . \left(\frac{0,043 d'^2 . 0,3 d' . 0,43}{6,613} \right) \quad (\text{Equação 10})$$

em que “λ” é o comprimento da rampa; “d’” corresponde à declividade expressa em

porcentagem e “m” é um expoente que depende da variação dos valores de “d’” (i.e. $m = 0,3$ se $d' \leq 3\%$; $m = 0,4$ se $3\% < d' < 5\%$ e $m = 0,5$ se $d' \geq 5\%$) (SALGADO et al, 2011).

Com a ajuda do *software* de SIG, usando como parâmetro de entrada a imagem SRTM, obteve-se o resultado apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 - Classificação do Fator LS em função do número de pixels e fator de comparação na RMG.

LS	Fator de comparação	Vulnerabilidade
0 - 0,77	1	Muito Baixa
0,78 - 2,04	10	Baixa
2,05 - 3,83	100	Média
3,84 - 6,64	1.000	Alta
6,65 - 65,16	10.000	Muito Alta

Fonte: Autor (2017)

4.3.4 Mapa da profundidade do lençol freático (LF)

O cálculo da profundidade do nível do lençol freático é bastante complicado e envolve o uso de modelos detalhados e multivariados, que geralmente requerem um grande conjunto de informações e uma criteriosa parametrização antes que eles possam ser executados. Contudo, conhecer a profundidade do lençol freático e entender a sua dinâmica são importantes para a classificação de áreas vulneráveis pois os riscos de contaminação são maiores em áreas onde ele se encontra mais próximo à superfície. Isso acontece devido à distância de deslocamento do contaminante até a água ser menor, facilitando a contaminação.

Para a análise da profundidade do lençol da RMG, foi utilizada uma ferramenta de análise geoestatística, que teve como parâmetro de entrada a imagem SRTM, de acordo com os resultados encontrados por Nogueira (2017). A partir do processamento da imagem com base nessa ferramenta, obteve-se o resultado apresentado no Quadro 20.

Quadro 20 - Classificação do Fator LF em função da faixa de profundidade e fator de comparação na RMG.

Nível do Lençol Freático – LF (m)	Fator de comparação	Vulnerabilidade
10,39 a 23,76	1	Muito Baixa
8,07 a 10,38	10	Baixa
6,01 a 8,06	100	Média
3,17 a 6,00	1.000	Alta
0 a 3,17	10.000	Muito Alta

Fonte: Nogueira (2017)

4.3.5 Mapa de solos

Dos dados utilizados para a elaboração do mapa síntese de vulnerabilidade ambiental, o solo

foi o único não produzido com base do SRTM. Esse dado, no formato *shapefile*, foi disponibilizado pelo LEMA – UFG. Ele foi produzido para a composição da base geográfica SIG do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-GO).

Os dados de solo são dados vetoriais que sofreram um recorte com a finalidade de selecionar apenas a área de interesse, sem, contudo, sofrer alteração das características locais.

Com base nos dados gerados para a RMG, observou-se os seguintes tipos de solo: argissolo, cambissolo, gleissolo, latossolo e neossolo, caracterizado por Silva e Castro (2002) no item 3.8.1 da fundamentação teórica.

A partir dessas informações, foi verificado o potencial de infiltração dos solos, dado essencial para a geração do mapa de vulnerabilidade.

Segundo Carvalho e Silva (2006):

“A infiltração é o nome dado ao processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. Após a passagem da água pela superfície do solo, ou seja, cessada a infiltração, a camada superior atinge um “alto” teor de umidade, enquanto que as camadas inferiores apresentam-se ainda com “baixos” teores de umidade. Há então, uma tendência de um movimento descendente da água provocando um molhamento das camadas inferiores, dando origem ao fenômeno que recebe o nome de redistribuição.”

De acordo com Tomaz (2010):

“A infiltração é um fenômeno complexo, difícil de ser determinado com exatidão e que varia no tempo e no espaço. A porosidade efetiva da mesma forma que a porosidade total é uma grandeza adimensional e pode ser expressa em porcentagem.”

Com base em estudo e experimentos realizados ao decorrer dos anos, em 2010, o engenheiro Plínio Tomaz, apresentou os seguintes coeficientes de infiltrações de acordo com o tipo de solo local, apresentado no Quadro 21.

Quadro 21 – Coeficiente de infiltração por tipo de solo

Constituição provável do solo	Coeficiente de infiltração (litros/m ² /dia ou mm/dia)
Rochas, argilas compactadas	<20
Argilas de cor amarela ou marrom, medianamente compactas	20 a 40
Argila arenosa	40 a 60
Areia ou silte argiloso	60 a 90
Areia bem selecionada	>90

Fonte: Tomaz (2010)

De acordo com os dados apresentados, adotou-se os seguintes valores de coeficientes para os solos da RMG, baseado nos coeficientes de infiltração de cada tipo de solo, conforme Tomaz (2010), como é apresentado no Quadro 22.

Quadro 22 - Coeficiente de infiltração adotados para o solo da RMG

Tipo de solo	Coeficiente de infiltração (litros/m ² /dia ou mm/dia) (Tomaz, 2010)	Coeficiente adotado
Latossolo	20 – 40	30
Argissolo	40 – 60	40
Cambissolo	60 – 90	70
Gleissolo	90 – 100	90
Neossolo	> 90	100

Fonte: Autor (2017)

Para se realizar o cruzamento dos dados para o geração do mapa síntese, com base nesse resultado, ainda se adotou valores semelhantes, que aqui será chamado de fator de comparação, os quais são apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 - Classificação do solo em função da coeficiente de infiltração e fator de comparação na RMG.

Tipo de solo	Coeficiente adotado	Fator de comparação	Vulnerabilidade
Latossolo	30	1	Muito Baixa
Argissolo	40	10	Baixa
Cambissolo	70	100	Média
Gleissolo	90	1.000	Alta
Neossolo	100	10.000	Muito Alta

Fonte: Autor (2017)

4.3.6 Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental

A última parte desta etapa consistiu no cruzamento dos dados para o mapeamento das áreas ambientalmente vulneráveis. Para isso, foram selecionados como parâmetros de entrada o *shapefile* do solo da RMG além de todos os produtos gerados pela imagem SRTM: TWI, Fator LS e Fator LF, após serem convertidas de raster para vetor. Ressalta-se que todos os dados estavam cartograficamente padronizados para evitar qualquer falha em suas análises e posterior geração de informações.

Com o auxílio de ferramentas de SIG, os dados foram interpolados com base no fator de comparação, dado existente em todos os parâmetros de entrada. Com isso, obteve-se o resultado apresentado no Quadro 24.

Quadro 24 - Vulnerabilidade ambiental da RMG em função do fator de comparação entre os mapas temáticos

Fator de comparação	Vulnerabilidade
1	Muito Baixa
10	Baixa
100	Média
1.000	Alta
10.000	Muito Alta

Fonte: Autor (2017)

A partir dos dados gerados, foi possível então a avaliação dos aspectos geográficos, que é uma etapa de extrema importância, visto que a avaliação da qualidade das ADF via aplicação do índice de qualidade IQA avalia o atendimento das áreas quantos aos aspectos legais e normativos.

Entretanto, avaliar uma área vai além de somente esses critérios. A área pode apresentar anuência do órgão ambiental e por uma questão de falta de uma análise mais profunda do meio físico, apresentar vulnerabilidades e riscos de contaminação não tão perceptíveis e identificáveis nos métodos de análise, investigação, inspeção e fiscalização OCA's. Portanto, a avaliação geográfica visa identificar todas as possíveis vulnerabilidades que a área está sujeita.

4.4 AVALIAÇÃO DA RESTRIÇÃO LEGAL DE USO DAS ÁREAS

Da mesma forma que para a avaliação quanto à vulnerabilidade ambiental, a avaliação da restrição legal de uso levou em consideração a mesma base de dados, em resolução SRTM de 30 m, sendo portanto, mais precisa que o mapeamento encontrado no PERS-GO. Além do mais, foram considerados todos os valores de restrição descritos no Quadro 6, relacionados aos critérios de seleção de áreas exigidos pela Resolução CEMAm N° 5/2014.

4.4.1 Elaboração do Mapa de Restrição Legal de Uso das ADF de RSU na RMG

Os dados que compõe esse mapa, todos no formato *shapefile*, é um dos produtos realizados pela UFG para a composição da base geográfica SIG do PERS-GO.

No estudo de prospecção, escolha de cenário de referência e elaboração de diretrizes e estratégias do PERS-GO, SECIMA (2015c), para compor o cenário que aponta zonas favoráveis para a instalação de aterros sanitários na RMG, primeiramente excluíram as áreas com impeditivo técnico ou legal, por exemplo, áreas de unidades de conservação.

4.5 ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA REABILITAÇÃO DAS ATUAIS ÁREAS

Para a ordenação de áreas prioritárias de reabilitação, no contexto da disposição final de RSU na RMG, foi aplicado o método AHP (Saaty, 1977), como forma de estabelecimento de prioridades relacionadas aos critérios de avaliação adotados na pesquisa.

4.5.1 Estruturação hierárquica para reabilitação das ADF de RSU da RMG

A primeira etapa do método AHP consistiu na construção da hierarquia dos processos. Para a estruturação hierárquica foram definidos os seguintes elementos: a meta geral a ser alcançada, os critérios de avaliação adotados e as alternativas existentes.

4.5.1.1 Meta a ser alcançada

Foi considerado como meta geral a listagem das ADF de RSU em ordem de prioridade de reabilitação ambiental na RMG.

4.5.1.2 Critérios de avaliação considerados

Os critérios adotados para a avaliação das áreas prioritárias e seus respectivos métodos foram os seguintes:

- critério de avaliação segundo a qualidade da disposição final de RSU, por meio da aplicação do IQA (FARIA, 2002);
- critério de avaliação espacial da vulnerabilidade ambiental das ADF de RSU na RMG, por meio da elaboração do mapa síntese de vulnerabilidade; e
- critério de avaliação espacial da restrição legal de uso das referidas áreas para a disposição final de RSU, por meio das restrições impostas pela Resolução CEMAm Nº 5/2014.

4.5.1.3 Definição das alternativas

Foram definidas como alternativas a serem avaliadas segundo os critérios anteriores em prol do alcance da meta geral, as 20 ADF de RSU da RMG, identificadas nos 20 municípios.

4.5.2 Determinação das prioridades locais

Foram determinadas as prioridades locais dos critérios e das alternativas em relação a cada um dos três critérios.

4.5.2.1 Determinação das prioridades locais dos critérios de avaliação

Para a determinação das prioridades locais dos critérios foi realizado o julgamento de cada um dos critérios em relação aos demais, a montagem da matriz de comparação paritária e por fim o vetor de prioridade local dos critérios.

4.5.2.1.1 Julgamentodos critérios de avaliação

Após definidos os critérios de avaliação, foi necessário encontrar o peso de cada um desses critérios em relação ao objetivo geral da estrutura hierárquica considerada. O peso de cada critério foi encontrado a partir da identificação do vetor de prioridades locais da matriz de comparação paritária dos critérios, a qual é uma matriz de ordem 3, visto que foram adotados para a análise hierárquica, os três critérios definidos no item 4.5.1.

Para encontrar-se o valor de cada elemento a_{ij} da matriz A , foi utilizada a escala de julgamento do método AHP, para atribuir um valor de 1 a 9 a determinado grau de importância de um critério em relação ao outro (SAATY, 1977).

Dessa forma, partiu-se das seguintes considerações para a atribuição dos valores dos elementos da matriz de comparação paritária dos critérios de avaliação:

- com relação à continuidade da atividade de disposição final de RSU numa determinada área, a condição de vulnerabilidade ambiental (C_{VUL}) da área sempre terá predominância em relação à condição de qualidade da disposição final (C_{QDF}) dos RSU, visto que por melhor que seja o gerenciamento dos resíduos, se a área apresentar fragilidade ambiental,

por segurança, esse último critério por si só pode ser suficiente para apontar o encerramento da atividade, e assim consideração a condição $C_{VUL} > C_{QDF}$;

- com relação ao critério de restrição legal de uso (C_{RES}) das áreas, segundo Reichert (2007), nas decisões de priorização de critérios que satisfaçam a seleção ou avaliação de área para instalação e operação de aterros sanitários, as exigências legais sempre tem prioridade máxima de atendimento, e portanto $C_{RES} > C_{QDF}$, e, $C_{RES} > C_{VUL}$;
- ao comparar o critério de restrição legal de uso da área com o critério de vulnerabilidade ambiental nota-se que C_{VUL} não pode ser menor que o C_{RES} , visto que o objetivo da legislação ambiental é garantir o meio ambiente ecologicamente equilibrado segundo embasamento na Constituição Federal, da mesma forma que C_{VUL} não pode ser maior que C_{RES} , portanto, considerou-se que tanto C_{VUL} e C_{RES} possuem mesmo grau de importância, então considerou-se a seguinte condição $C_{RES} = C_{VUL}$; e
- ao comparar os critérios C_{VUL} e C_{RES} com C_{QDF} , considerou-se que os dois primeiros teriam importância grande ou essencial sobre C_{QDF} , e portanto atribui-se, de acordo com o Quadro 14 da escala de julgamento de Saaty, que $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$.

Portanto, adotou-se o seguinte juízo de valores entre os critérios: $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$, e a partir daí procedeu-se a elaboração da matriz paritária dos critérios.

4.5.2.1.2 Definição da matriz de comparação paritária e do vetor de prioridades locais dos critérios

Com a atribuição de valores a cada elemento a_{ij} encontrou-se a matriz A de comparação paritária dos critérios. A partir da soma de todos os elementos de uma mesma linha encontrou-se o autovetor da matriz dos critérios. Dividindo os valores de cada elemento do autovetor, pela soma de todos esses elementos, encontrou-se o autovetor normalizado, o qual corresponde ao vetor de prioridades locais dos critérios e consequentemente aos pesos dos critérios.

4.5.2.2 Determinação das prioridades locais das alternativas

Para a determinação das prioridades locais das alternativas em relação a cada um dos três critérios foram atribuídos valores para as alternativas, montadas as matrizes de comparação paritária entre as alternativas e por fim, encontrados os três vetores de prioridade local.

4.5.2.2.1 Atribuição de valores das alternativas

Os valores atribuídos para as 20 alternativas, podem ser medidos ou estimados por especialistas. No caso, foram exatamente o resultado das avaliações da qualidade da disposição final dos RSU (valores do IQA), da vulnerabilidade ambiental das ADF de RSU e da restrição legal de uso das áreas para a atividade de disposição final de RSU, apresentadas respectivamente nos itens 5.2, 5.3.5 e 5.4. Preferiu-se esses valores para dar mais precisão ao processo de análise e mitigar ao máximo a subjetividade do processo de valoração. Todos esses valores deram origem à matriz de valores.

Os valores encontrados nas três avaliações anteriores fornecem os dados brutos em formato alfanumérico (números e textos), de forma qualitativa ou quantitativa. Foi possível converter as respostas qualitativas para quantitativas a partir das escalas propostas para os critérios C_{VUL} e C_{RES} .

As respostas da avaliação da qualidade resultaram em valores na escala decimal, de 0 a 10.

Para a avaliação da vulnerabilidade ambiental foram encontrados cinco respostas que tiveram a seguinte correspondência, numa escala de 1 a 5, como é apresentado na Tabela 3, sendo admitidos os maiores valores para as melhores avaliações encontradas.

Tabela 3 – Valores adotados para os resultados da avaliação do critério de vulnerabilidade ambiental

Avaliação do Critério de Vulnerabilidade	Pontuação do Critério Vulnerabilidade
Muito Alta	1
Alta	2
Moderada	3
Baixa	4
Muito Baixa	5

Fonte: Autor (2017)

Para a avaliação da restrição legal foram encontrados 3 respostas que tiveram a seguinte correspondência, numa escala de 1 a 3, como é apresentado na Tabela 4, sendo admitidos os maiores valores para as melhores avaliações encontradas.

Tabela 4 – Valores adotados para os resultados da avaliação do critério de restrição legal

Avaliação do Critério de Restrição	Pontuação do Critério Restrição
Áreas Restritas	1
Áreas sujeitas a Anuência	2
Áreas Livres	3

Fonte: Autor (2017)

Como o método AHP prevê a normalização dos autovetores das alternativas em relação a todos os critérios de avaliação adotados, não há a necessidade de trazer todos os valores dos critérios para a mesma escala de valores, visto que a normalização iguala todos os critérios a uma mesma unidade (VIANNA, s.d.). Lembrando que a normalização é o processo de divisão do valor de um determinado elemento do vetor pela soma de todos os seus elementos.

4.5.2.2.2 Definição das matrizes de comparação paritária e dos vetores de prioridades locais das alternativas

Para cada conjunto de valores das alternativas em relação a cada um dos critérios de avaliação, ou seja, para cada coluna, foi montada uma matriz de comparação paritária. Como foram considerados três critérios, elaborou-se as seguintes matrizes:

1. Matriz de comparação paritária das ADF de RSU segundo o critério de qualidade da disposição final (A_{QDF});
2. Matriz de comparação paritária das ADF de RSU segundo o critério de vulnerabilidade ambiental (A_{VUL}); e
3. Matriz de comparação paritária das ADF de RSU segundo o critério de restrição legal de uso (A_{RES}).

As três matrizes tiveram ordem 20 devido a quantidade de alternativas analisadas ser igual a 20.

Para a montagem de cada uma das três matrizes foi considerada a Equação 2 e o modelo de matriz A , Equação 3.

A partir da Equação 4 foram encontrados os autovetores não normalizados W_{QDF} , W_{VUL} e W_{RES} . A partir da equação 5 foram encontrados os autovetores normalizados T_{QDF} , T_{VUL} e T_{RES} . Os autovetores representam as matrizes A_{QDF} , A_{VUL} e A_{RES} ; e quando normalizados correspondem ao vetor de prioridades locais das alternativas.

4.5.2.3 Verificação da consistência das matrizes de comparação paritária

A consistência das matrizes foram calculadas pela simplificação sugerida por Saaty (1977), na Equação 6, em que $\lambda_{max} = T * w$.

4.5.3 Determinação das prioridades globais

As prioridades globais foram determinadas a partir da combinação das prioridades locais dos critérios e das alternativas em relação a cada um dos critérios. Por definição, os vetores de prioridades globais (T_G) é o resultado da média ponderada entre os vetores de prioridades locais (T) das 20 ADF em relação a cada critério (C_{QDF} , C_{VUL} e C_{RES}) com o vetor de prioridades locais dos critérios (T_C) em relação aos próprios critérios, conforme Equação 11.

$$T_G = (T_{QDF} \times T_{C_{QDF}}) + (T_{VUL} \times T_{C_{VUL}}) + (T_{RES} \times T_{C_{RES}}) \quad (\text{Equação 10})$$

O vetor de prioridades globais representam as prioridades globais de cada alternativa. A ordem crescente dos valores do vetor representa uma crescente melhoria das condições avaliadas em cada critério. Assim, quanto pior a condição encontrada para cada área segundo cada critério, maior será a prioridade de reabilitação daquela área. Dessa forma, a ordenação crescente dos valores do vetor de prioridades globais representa a hierarquização das áreas prioritária de serem reabilitadas.

4.5.4 Priorização adotada para as alternativas

A decisão final acerca da priorização das áreas para reabilitação foi tomada somente depois de realizada a análise de sensibilidade da estrutura hierárquica considerada.

4.5.4.1 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi feita a partir da variação dos valores das avaliações encontrados e dos pesos atribuídos aos critérios, e que resultaram nos ranqueamentos apresentados no Quadro 27 e no Quadro 29, comparando assim a ordem hierárquica das áreas em cada variação que era feita.

A análise de sensibilidade também motivou o agente de decisão, no caso o autor da pesquisa, a proceder uma AHP considerando as restrições legais não como critério de avaliação, mas uma condição prévia à análise, partindo do pressuposto de que a lei deve ser cumprida independente do julgamento que se faz acerca da mesma. Dessa forma, realizou também a AHP considerando somente C_{QDF} e C_{VUL} como critérios de avaliação das 20 avaliações. Houve assim a mudança no vetor de prioridades locais dos critérios, que foi determinado a partir de uma matriz 2 x 2.

Ao final, pode-se encontrar o vetor de prioridades globais. Para priorização das 20 ADF quanto à necessidade de reabilitação foi feito o agrupamento em 3 classes, conforme o resultado encontrado na avaliação espacial de restrição legal de uso da área apresentada no item 5.4. Assim, as ADF localizadas em áreas restritas tiveram prioridade de reabilitação em relação às áreas sujeitas à anuência, que por sua vez tiveram prioridade em relação às áreas livres. Após a ordenação prioritária de reabilitação em relação às classes de restrição, o parâmetro de desempate das ADF de uma mesma classe de restrição foi o valor obtido no vetor de prioridades globais. Quanto menor o valor do vetor de uma determinada ADF maior seria a prioridade de reabilitação desta em relação à demais de sua classe de restrição legal.

4.5.4.2 Tomada de decisão final

Após a análise de sensibilidade, adotou-se aquela ordem hierárquica das ADF de RSU que mais condizia com a realidade verificada *in loco* nas visitas aos municípios e à referidas características de vulnerabilidade e restrição das áreas.

4.6 DECISÃO SOBRE O FUTURO DAS ÁREAS DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NA RMG

Para a tomada de decisão sobre o futuro da disposição final dos RSU da RMG foram levadas em consideração:

- apontamentos a partir das condições adequada e inadequada encontradas nas avaliações da qualidade de disposição final em cada município;
- apontamentos a partir das situações de vulnerabilidade ambiental das ADF de RSU de cada município;
- atendimento à legislação estadual e às normas brasileiras quanto as restrições de uso das áreas;
- atendimento à Política Nacional dos Resíduos Sólidos quanto à busca pela proteção do meio ambiente, à gestão integrada dos resíduos sólidos e à respectiva disposição final ambientalmente adequada;
- o fluxograma de decisões sobre a disposição de resíduos do município, proposto por IPT/CEMPRE (2002); e
- atendimento às metas de reabilitação de áreas de lixões do PLANARES (MMA, 2012).

E assim, foi seguido o passo-a-passo em cada item a seguir.

4.6.1 Estabelecimento do processo decisório acerca do futuro da disposição final de RSU

Após a realização das avaliações apresentadas nos itens 5.2, 5.3 e 5.4, aplicou-se o fluxograma de decisões sobre a disposição de resíduos do município (IPT/CEMPRE, 2002), apresentada na Figura 41, como método para o estabelecimento do processo decisório em questão, respeitando as condições locais e regionais de cada uma das áreas.

Foi submetido ao fluxograma, município por município de acordo com a ordem de prioridade global adotada para as alternativas pelo método AHP, apresentada na Quadro 30.

Para o 1º questionamento do fluxograma “o local poderá continuar sendo utilizado como área de disposição”, foi adotada como resposta:

- Não – todas as ADF instaladas em áreas restritas, com exceção daquelas que possuíam licença ambiental; ou
- Sim – as ADF instaladas em áreas sujeitas à anuêncis, áreas livres ou áreas restritas que possuíam algum tipo de licença ambiental a vencer, tais como: Abadia de Goiás (LP até 17/03/2020), Aparecida de Goiânia (LF até 20/12/2022) e Senador Canedo (LF até 23/12/2020).

4.6.2 Estabelecimento de cenários para reabilitação das áreas de disposição final de RSU

Para o estabelecimento de todos os possíveis cenários de reabilitação das áreas atuais e de disposição final adequada dos RSU, foram combinadas todas as alternativas para:

- a decisão quanto à continuidade ou encerramento das atividades nas áreas atuais;
- a decisão da necessidade de elaboração de projetos para adequação do lixão em aterro sanitário, projetos de ampliação do atual aterro sanitário ou projetos para instalação de novo aterro sanitário em área nos limites do próprio município ou fora dele;
- atendimento ao PERS-GO (SECIMA, 2015a), referente à diretriz para RSU em promover a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, em todo o território goiano, às

estratégias de implantar aterros sanitários, acompanhar a adequação da disposição ao longo dos anos e erradicar áreas de disposição inadequada desses resíduos.

- a decisão acerca da existência de possíveis áreas de muito baixa a moderada vulnerabilidade ambiental e aptas, sujeitas à anuência ou livres para a disposição final no próprio município;
- a necessidade de envio de RSU em área de município vizinho de até 60 km, conforme soluções de compartilhamento sugeridas pelo PERS-GO (SECIMA, 2015a); e
- porte do aterro sanitário: aterro manual, por vala, para pequenas quantidades (até 10 t/dia) ou de porte maior.

4.6.3 Indicação de cenário possível para cada ADF

A partir do conhecimento da realidade de cada município e de sua ADF de RSU, das três avaliações, da hierarquia de prioridade de reabilitação das áreas e das proposições do PERS-GO (SECIMA, 2015a), foi possível indicar os cenários futuros apontados Quadro 31.

4.6.4 Definição de metas para a consolidação dos cenários

Para a definição de metas para a consolidação dos cenários de reabilitação das ADF, foram consideradas as metas de reabilitação de áreas de lixão traçadas pelo PLANARES para a Região Centro-Oeste (MMA, 2012), com percentuais do total de áreas de lixões variando a cada quatro anos.

As quatro demais ADF, não consideradas como lixão, também foram incluídas nos cenários de reabilitação visto que mesmo sendo aterros sanitários, não obtiveram nota máxima quanto à qualidade da disposição final, pelo IQA igual a 10, proposto por Faria (2002). Assim, as mesmas também necessitam de melhorias para que haja o cumprimento de todos os critérios de instalação e operação de aterros sanitários. O não cumprimento desses critérios pode resultar em menores ou maiores níveis de degradação ambiental.

Foi obedecida a ordem de prioridade de reabilitação das 20 ADF de RSU da RMG. O Quadro 33 apresentará as metas para a consolidação dos cenários possíveis para os municípios da RMG.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados a seguir a localização das áreas de estudo e os resultados das avaliações, da hierarquia de áreas prioritárias de reabilitação e a decisão sobre o futuro de cada ADF de RSU na RMG.

5.1 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

No Quadro 25 são apresentadas as coordenadas geográficas das ADF de RSU de cada município da RMG sob as quais foram procedidas as avaliações ambientais.

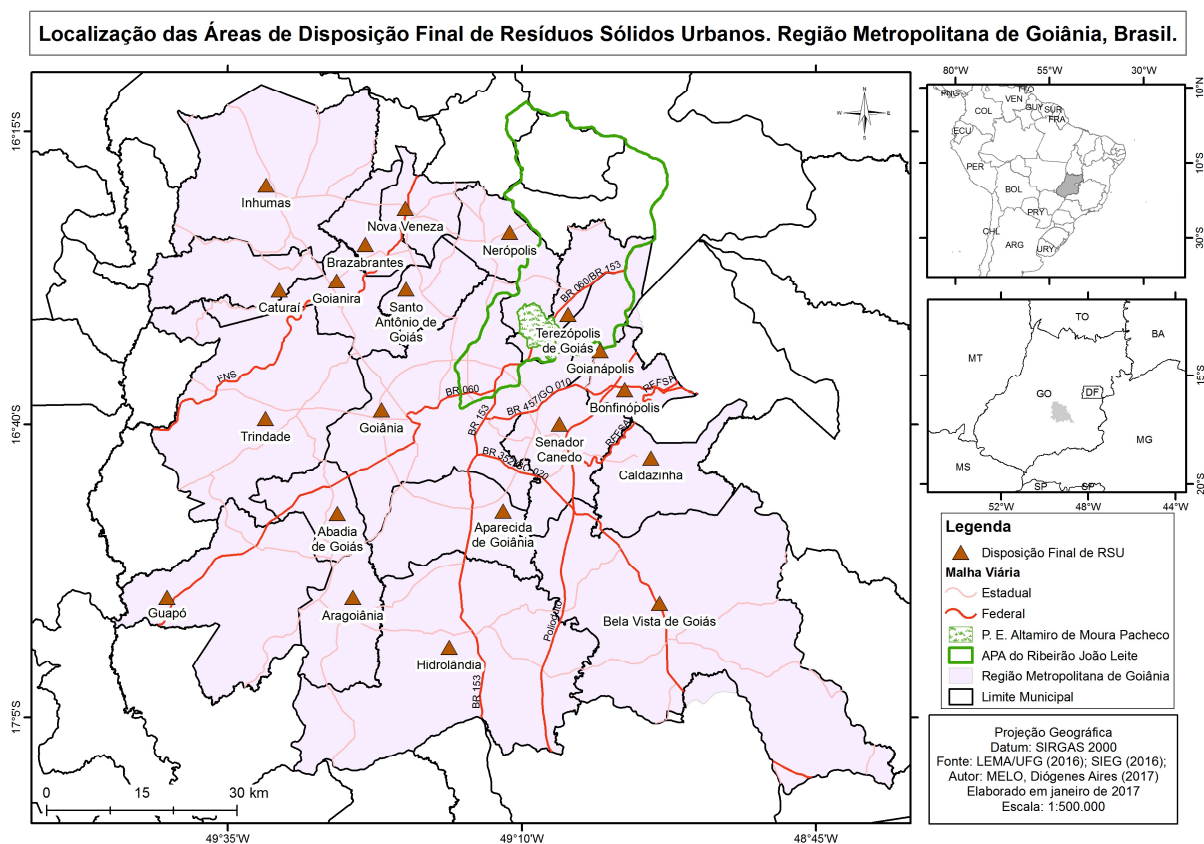
Quadro 25 - Localização das áreas de disposição final de RSU da Região Metropolitana de Goiânia

Municípios	Localização da ADF	
	Latitude	Longitude
Abadia de Goiás	16°47'37.12"	49°25'41.75"
Aparecida de Goiânia	16°47'24.35"	49°11'35.40"
Aragoiânia	16°54'47.13"	49°24'22.00"
Bela Vista de Goiás	16°55'17.07"	48°58'17.02"
Bonfinópolis	16°37'4.61"	49° 1'15.03"
Brazabrantes	16°24'38.95"	49°23'19.04"
Caldazinha	16°42'50.41"	48°59'0.04"
Caturai	16°28'33.09"	49°30'36.30"
Goianápolis	16°33'41.08"	49° 3'19.99"
Goiânia	16°38'46.94"	49°21'55.47"
Goianira	16°27'45.34"	49°25'44.21"
Guapó	16°54'47.55"	49°40'9.43"
Hidrolândia	16°59'1.03"	49°16'10.76"
Inhumas	16°19'34.67"	49°31'44.87"
Nerópolis	16°23'36.18"	49°11'1.03"
Nova Veneza	16°21'35.71"	49°19'54.62"
Santo Antônio de Goiás	16°33'41.08"	49° 3'19.99"
Senador Canedo	16°39'58.16"	49° 6'46.81"
Terezópolis de Goiás	16°30'37.32"	49° 6'4.01"
Trindade	16°39'30.15"	49°31'47.02"

Fonte: Autor (2017)

Já na Figura 49 é possível visualizar o mapa de localização das ADF de RSU nos limites da RMG.

Figura 49 - Mapa de localização das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia (2017)



Fonte: Autor (2017)

Durante as visitas aos municípios, foi constatado que cada um possui sua própria ADF de RSU, dentro nos limites municipais. Observou-se ainda que, não acontece migração de RSU extra RMG e inter municípios.

5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU DA RMG

A avaliação da qualidade da disposição final nas 20 áreas está apresentada na Tabela 5 a partir dos valores do IQA e o respectivo enquadramento quanto às condições adequadas ou inadequadas de disposição final nesses locais.

Tabela 5 - Avaliação da qualidade da disposição final de RSU nos municípios da RMG a partir dos valores dos IQA (2017)

Município	População (hab) ¹	Geração de RSU 2015 (t/dia) ²	IQA-RMG	Condição
Guapó	14.441	8,1	2,07	Inadequada
Terezópolis de Goiás	7.389	3,7	2,43	Inadequada
Caldazinha	3.624	1,7	2,57	Inadequada
Aragoiânia	9.444	4,9	2,93	Inadequada
Nova Veneza	9.105	4,7	3,29	Inadequada
Santo Antônio de Goiás	5.527	2,6	3,29	Inadequada
Brazabrantes	3.232	1,6	3,36	Inadequada
Goianira	39.484	26,3	3,43	Inadequada
Caturai	4.977	2,3	4,36	Inadequada
Inhumas	51.543	34,9	4,57	Inadequada
Nerópolis	27.341	16,9	4,57	Inadequada
Goianápolis	11.024	5,9	4,71	Inadequada
Bonfinópolis	8.694	4,5	5,79	Inadequada
Abadia de Goiás	7.895	4,0	6,43	Inadequada
Goiânia	1.430.697	1421,2	6,79	Inadequada
Hidrolândia	19.761	11,6	7,50	Inadequada
Aparecida de Goiânia	521.910	475,5	8,14	Adequada
Bela Vista de Goiás	27.628	17,1	8,14	Adequada
Trindade	111.454	89,5	8,14	Adequada
Senador Canedo	100.367	75,6	8,36	Adequada
TOTAL	2.415.537	2212,6	---	---

¹ – IBGE (2015b) ² – SECIMA (2015a)

Fonte: Autor (2017)

A ordem decrescente dos valores dos IQA, apresentados na Tabela 5, demonstram uma ordem prioritária de necessidade de reabilitação segundo o critério de avaliação da qualidade da disposição final dos RSU. Dessa forma, Guapó ficou em pior condição do IQA e apresenta maior necessidade de reabilitação perante essa avaliação, em contrapartida com Senador Canedo que apresentou o maior valor de IQA, com menor necessidade de reabilitação para elevar seu IQA para 10,00 como totalmente adequado.

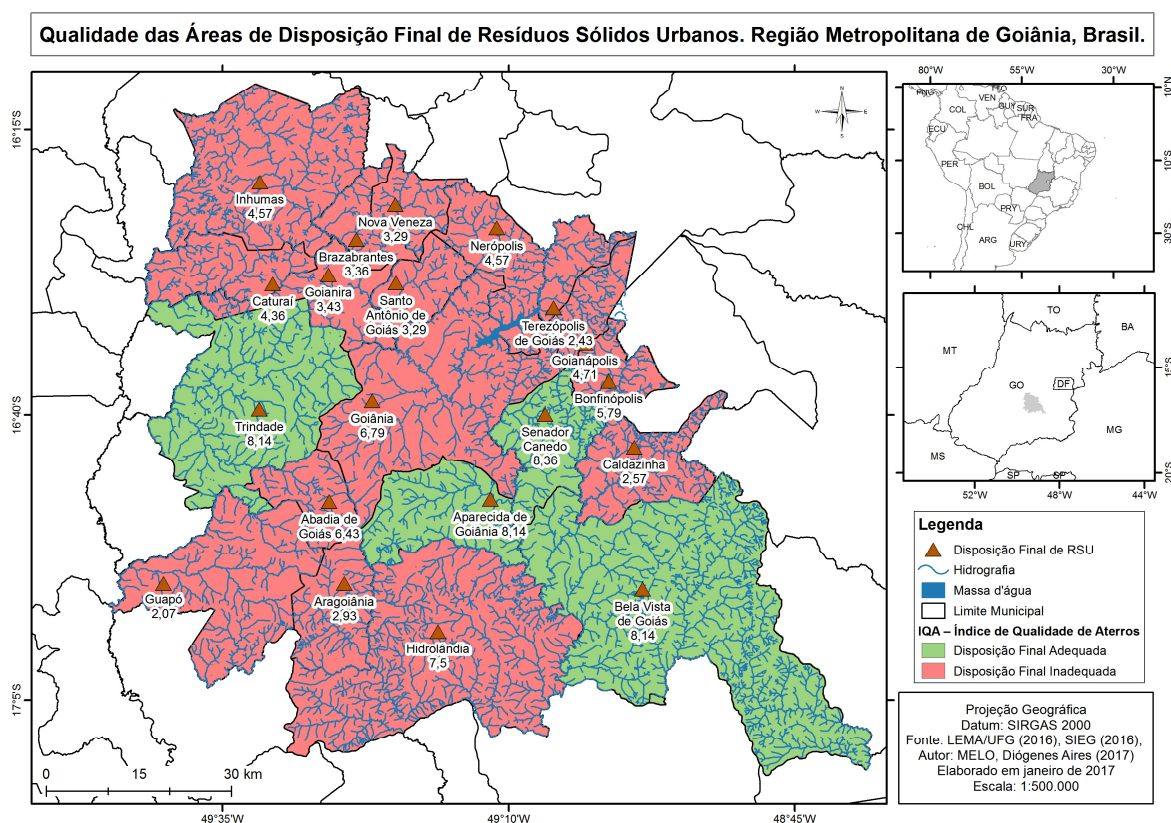
Observa-se na Tabela 5, que segundo o método do IQA (FARIA, 2002), somente as ADF de RSU dos municípios de Senador Canedo, Trindade, Bela Vista de Goiás e Aparecida de Goiânia, obtiveram valores superiores a 8,01, sendo enquadrados em condições adequadas de disposição final de RSU, e portanto considerados de fato aterros sanitários. Todos estes possuem licença ambiental com validade no mínimo até 2020, com exceção de Trindade que expirou em 23 de

dezembro de 2016, e que encontra-se em processo de renovação, como pode ser observado no Quadro 3. Já os 16 demais municípios, com IQA inferior a 8,00 pontos foram classificados em condições inadequadas de disposição final de RSU, mesmo que alguns desses possuem licença Ambiental vigente, como é o caso dos municípios de Abadia de Goiás, Bonfinópolis e Hidrolândia.

As respostas e os valores atribuídos a cada item e subitem do IQA, e o seu valor resultante, para cada um dos 20 municípios da RMG, podem ser conferidas nos Apêndices IV, V, VI, VII, VIII e IX. Do mesmo modo, é apresentado no Apêndice III um relatório modelo da visita técnica realizada em Goiânia, juntamente com os relatos, fotos, dados, e respectivas fontes.

A partir dos valores dos IQA foi possível elaborar o Mapa de Situação da Disposição Final de RSU na RMG, apresentando os municípios em condições adequadas (aterros sanitários) e em condições inadequadas (lixões) na Figura 50.

Figura 50 - Mapa da situação da disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Goiânia segundo os IQA (2016)



Fonte: Autor (2017)

5.2.1 Considerações acerca das ADF adequadas – aterros sanitários

As ADF dos municípios de Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Senador Canedo e Trindade ocupam localizações estratégicas na RMG, respectivamente ao centro-sul, a sudeste, a leste e a oeste. Juntos os municípios reúnem 761.359 hab, o equivalente a 31,52% da população total da RMG, possuem área total de 2.500,541 km², o equivalente a 34,20 % do território da RMG e são responsáveis pela disposição final de 657,7 t/dia, o equivalente a 29,73 %.

Foi observado ainda que os municípios em condições adequadas de disposição final possuem a configuração geométrica de aterro superficial elevado sobre trincheiras e são os mais populosos da RMG após a capital estadual Goiânia, com população acima de 100 mil hab e não se enquadram no procedimento simplificado da Resolução CEMAm Nº 5/2014, sendo portanto observada a NBR 13.896/1997 e demais estudos ambientais exigidos pelo OCA. A única exceção é o município de Bela Vista de Goiás, que possui aterro sanitário do tipo trincheira e população inferior a 100 mil hab e igual a 27.628 hab (IBGE, 2015b), enquadrando-se nas exigências da Resolução CEMAm Nº 5/2014.

Todos os aterros sanitários são públicos, porém as ADF que apresentam melhores condições são os municípios de Aparecida de Goiânia e Senador Canedo que são operados por empresas privadas terceirizadas. Nas Figuras Figura 51, Figura 52, Figura 53 e Figura 54 são apresentadas respectivamente as fotos de cada uma dessas áreas.

Figura 51 - Área de disposição final de RSU de Senador Canedo



Figura 52 - Área de disposição final de RSU de Aparecida de Goiânia



Figura 53 - Área de disposição final de RSU de Trindade



Figura 54 – Área de disposição final de RSU de Bela Vista de Goiás



Essas quatro ADF de RSU, consideradas como aterros sanitários, possuem os seguintes aspectos positivos em comum:

- **quanto às características do local:**
 - distância superior a 200 m (Aparecida de Goiânia, Senador Canedo e Trindade) e 300 m (Bela Vista de Goiás) de corpos d'água;
 - disponibilidade de material de cobertura suficiente e em boa qualidade;
 - boas condições de sistema viário-trânsito-acesso à ADF, com exceção de Trindade que possui condições regulares;
 - bom isolamento visual da vizinhança garantido pelo cinturão verde composto por eucalipto e/ou sansão-do-campo; e
 - instalação em local permitido pelo OCA;
- **quanto à infraestrutura instalada:**
 - cercamento, portaria/guarita, acesso à frente de trabalho e controle de recebimento de cargas com balança rodoviária, com exceção de Bela Vista de Goiás, que possui o controle porém manual;
 - trator de esteira permanentemente, além de outros equipamentos como retroescavadeiras, caminhões pipa, caminhão caçamba basculante e pá carregadeira nas instalações e no caso de Bela Vista de Goiás, quando necessário;
 - impermeabilização da base do aterro com manta PEAD de 2 mm;
 - drenagem de água pluvial definitiva, de chorume e de gases suficientes; e
 - atendimento às estipulações de projeto;
- **quanto às condições operacionais:**
 - ausência de elementos dispersos pelo vento;

- recobrimento diário e compactação adequados;
- presença controlada de moscas nas 4 ADF e aves por foguetes em Aparecida de Goiânia e Senador Canedo;
- controle de queimadas, de catadores, de animais de criação para alimentação humana;
- não-recebimento de resíduos dos serviços de saúde (RSS) e resíduos sólidos industriais (RSI);
- bom funcionamento das drenagens de chorume, pluvial definitiva e de gases;
- bom funcionamento do sistema de monitoramento das águas subterrâneas, conforme exigência dos processos de licenciamento do OCA;
- desnecessária a adoção de medidas corretivas ou sempre que necessário; e
- boa manutenção dos acessos internos.

O aterro sanitário de Senador Canedo foi considerado o de melhor qualidade visto que, além das características acima, ainda apresentou os seguintes aspectos positivos não encontrados nos outros três aterros:

- baixa permeabilidade do solo, com coeficiente igual a $6,91 \times 10^{-6}$ cm/s (DBO ENGENHARIA, 2006);
- drenagem pluvial provisório suficiente com canaletas na face dos taludes; e
- sistema de monitoramento suficiente de águas subterrâneas com a existência de quatro poços, sendo um a montante e três a jusante do fluxo predominante do lençol freático, conforme determina a NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997).

5.2.2 Considerações acerca das ADF inadequadas – lixões

Já as ADF dos demais 16 municípios da RMG reúnem 1.654.178 hab, o equivalente a 68,48% da população total da RMG. possuem área total de 4.810,335 km², o equivalente a 65,80 % do território da RMG e são responsáveis pela disposição final de 1.554,89 t/dia de RSU, o que representa 70,27 % dos RSU de toda a RMG.

Dos 16 municípios em condição inadequada de disposição final, 15 possuem população inferior a 100 mil hab devendo atender as exigências da Resolução CEMAm Nº 5/2014 pelo OCA. As mesmas são operadas pela administração pública direta via secretarias municipais de infraestrutura, transporte e/ou de meio ambiente. Já a capital estadual, Goiânia, com população

igual a 1.430.697 hab é o único município que possui a Agência Municipal de Meio Ambiente, no caso a AMMA, que possui licenciamento ambiental descentralizado do Estado de Goiás, e que segue as exigências da NBR 13.897/1997. Goiânia também é o único que possui empresa pública de direito privado (sociedade de economia mista) responsável pela operação de sua ADF de RSU, a COMURG.

Todas as ADF de RSU em condição inadequadas são de propriedade do respectivo Poder Público Municipal. As Figuras de Nº Figura 55 a Figura 70 mostram as fotos das ADF de RSU, que possuem valores de IQA inferior a 8,00 pontos, portanto enquadradas em condições inadequadas. Incluem nesta situação:

- **aquelas notadamente consideradas como lixão a céu aberto**, com espalhamento total dos resíduos sem a menor compactação e cobertura com solo, exposta à presença de catadores, sem nenhum critério de Engenharia, de selação de área, de atendimento a critérios legais e que não estão em locais permitidos pelo OCA, que são os casos das ADF de RSU dos municípios de Aragoiânia com IQA de 2,93 (Figura 55), Caldazinha, IQA de 2,57 (Figura 56), Guapó, IQA de 2,07 (Figura 57) e Brazabrantes, IQA de 3,36 (Figura 58);

Figura 55- Área de disposição final de RSU de Aragoiânia



Figura 56- Área de disposição final de RSU de Caldazinha



Figura 57 - Área de disposição final de RSU de Guapó



Figura 58 – Área de disposição final de RSU de Brazabrantes



- **aquelas que já possuíram processos de licenciamento aprovados como aterros sanitários ou controlados**, quando o arcabouço legal (nacional e estadual) e as normas brasileiras ainda permitiam este último tipo de disposição, que receberam verbas federal ou estadual, mas que perderam a condição adequada ou controlada por falta de controles ambiental e operacional, que são os casos dos municípios de: Bonfinópolis, com IQA de 5,79 , ainda que tenha licença vigente até 30 de junho de 2017 (Figura 59), Caturai, IQA de 4,36 (Figura 60), Goianópolis, IQA de 4,71 (Figura 61), Goianira, IQA de 3,43 (Figura 62), Inhumas, IQA de 4,57 (Figura 63), Nerópolis, IQA de 4,57 (Figura 64), Nova Veneza, IQA de 3,29 (Figura 65), Santo Antônio de Goiás, IQA de 3,29 (Figura 66), Terezópolis, IQA de 2,43 (Figura 67); e

Figura 59 - Área de disposição final de RSU de Bonfinópolis



Figura 60 – Área de disposição final de RSU de Caturai



Figura 61 - Área de disposição final de RSU de Goianápolis



Figura 62 – Área de disposição final de RSU de Goianira



Figura 63 - Área de disposição final de RSU de Inhumas



Figura 64 – Área de disposição final de RSU de Nerópolis



Figura 65 - Área de disposição final de RSU de Nova Veneza



Figura 66 – Área de disposição final de RSU de Santo Antônio de Goiás



Figura 67 - Área de disposição final de RSU de Terezópolis



- **aquelas ADF em condição inadequada, porém com melhores infraestruturas físicas e em melhores estados de conservação**, porém ainda restando algumas estruturas ou condições operacionais para alcançarem o enquadramento de disposição final adequada de RSU, segundo o método do IQA (FARIA, 2002), no caso dos municípios de:
 - Abadia de Goiás que obteve IQA de 6,43, e possui Licença Prévia LP 480/2015 válida até 17 de março de 2020 (Figura 68);
 - Hidrolândia, com IQA de 7,50, possui Licença de Funcionamento LF válida até 9 de abril de 2019, que melhorando uma ou outra estrutura ou condições operacionais já poderia se classificar em condições adequadas (Figura 69); e
 - Goiânia, que obteve um IQA de 6,79, suas últimas licenças emitidas pela OCA Municipal (AMMA) foram a LO 1.140/2009, vencida em 2011, e a LI de ampliação N. 1.139/2009, vencida em 4 de outubro de 2011, que não conseguiu renovação por não atendimento das condicionantes de infraestrutura e condições operacionais, mas que possui as maiores estruturas de engenharia relacionada à disposição final de resíduos da RMG e do estado de Goiás (Figura 70).

Figura 68 – Área de disposição final de RSU de Abadia de Goiás



Figura 69 - Área de disposição final de RSU de Hidrolândia



Figura 70 – Área de disposição final de RSU de Goiânia



Vale destacar que essas três últimas áreas inadequadas, apresentaram valores entre 6,01 e 8,00 pontos. Se fosse possível a classificação proposta por Faria (2002), antes da lei da PNRS de 2010, as mesmas teriam sido enquadradas em condições controladas, porém após a referida lei, essas condições são consideradas como inadequadas, principalmente após o cancelamento da norma de aterros controlados, a NBR 8.849/1985, em 2015.

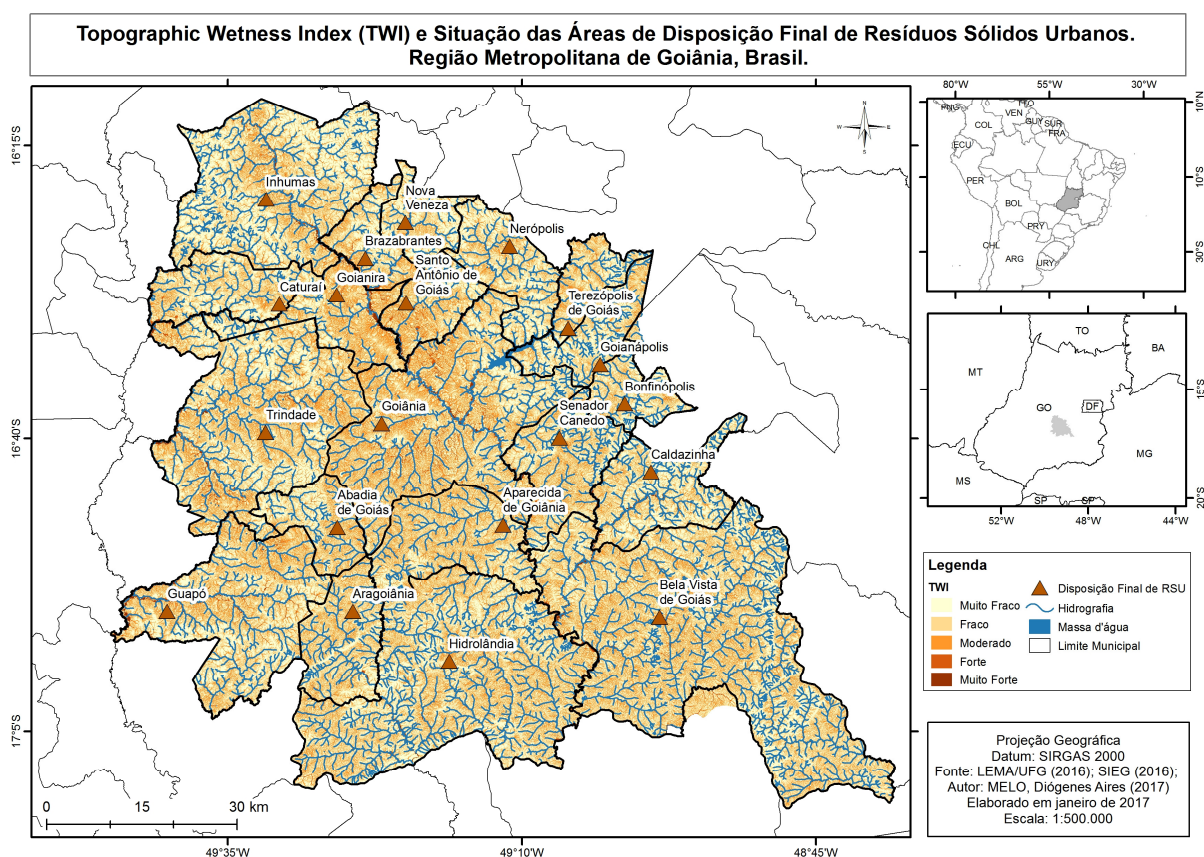
5.3 AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU DA RMG

A vulnerabilidade ambiental foi avaliada por meio do Mapa Síntese apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que por sua vez foi elaborado a partir da combinação dos Mapas Temáticos TWI, Fator LS, Fator LF e Solos, apresentados a seguir.

5.3.1 Avaliação quanto ao Fator TWI

Na Figura 71 é apresentado o Mapa TWI, no qual é possível identificar as áreas com maior ou menor índice de umidade topográfica. As colorações mais escuras apresentam áreas com maiores ocorrências de acúmulo de água, o que é indesejável nas ADF devido ao risco de contaminação do solo e das águas a partir da percolação. E as colorações mais claras apresentam os locais com menores possibilidades de acúmulo de água.

Figura 71 – Mapa do Fator TWI da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016)



Fonte: Autor (2017)

Ao observar a Figura 71, foi possível quantificar todas as áreas da RMG para diferentes classificações do TWI e ainda visualizar qual a classe de TWI era pertinente à ADF de RSU de cada município, como é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à classe do Fator TWI e classe do Fator TWI para cada ADF de RSU

Município	Área total (km ²)	TWI - Classificação da Área em km ²					Fator TWI das ADF
		1	10	100	1.000	10.000	
Abadia de Goiás	147,29	42,07	65,04	29,82	8,45	1,90	1
Aparecida de Goiânia	291,12	71,94	130,50	67,90	14,59	6,19	10
Aragoiânia	217,35	56,23	100,25	45,83	10,93	4,25	1
Bela Vista de Goiás	1253,57	344,97	553,79	260,85	62,40	31,98	100
Bonfinópolis	121,38	43,90	52,07	18,10	5,66	1,65	1
Brazabrantes	124,53	35,35	53,67	24,66	6,62	4,23	10
Caldazinha	252,31	101,55	96,26	35,51	10,83	8,16	1
Caturai	206,52	61,74	95,83	33,99	9,98	4,98	10
Goianápolis	161,12	60,20	65,01	26,65	6,87	3,04	10
Goiânia	737,56	169,81	310,87	187,56	47,40	21,85	1
Goianira	201,99	43,68	85,89	53,14	12,21	7,06	10
Guapó	515,60	140,74	226,00	103,27	29,92	15,54	100
Hidrolândia	942,73	278,73	410,77	181,86	47,09	24,27	1
Inhumas	612,96	242,69	238,45	89,13	29,17	13,52	100
Nerópolis	204,27	72,27	89,15	30,08	9,31	3,46	1
Nova Veneza	122,77	48,57	50,92	15,33	4,83	3,12	1
Santo Antônio de Goiás	134,66	32,42	59,15	31,78	8,15	3,15	10
Senador Canedo	245,40	71,05	105,09	48,50	12,06	8,70	100
Terezópolis de Goiás	108,12	31,27	45,80	22,06	4,94	4,07	1
Trindade	711,84	194,67	312,22	147,71	39,54	17,70	10
TOTAL	7.313,08	2.143,86	3.146,74	1.453,73	380,96	188,82	MODA 1

Fonte: Autor (2017)

Conforme Tabela 6, a maior parte do território da RMG, 3.146,74 km², o equivalente a 43,03%, é classificado com TWI fraco, seguido das classes muito fraco, moderado, forte e muito forte.

A maioria das ADF da RMG estão classificadas na Classe 1, considerada como muito fraco o valor de TWI, portanto com muito fraca ocorrência de acúmulo de água ou saturação do solo. Em seguida, encontra-se 7 ADF na Classe 10, considerada fraca quanto ao TWI; e por último, 4 ADF na Classe 100, considerada moderada.

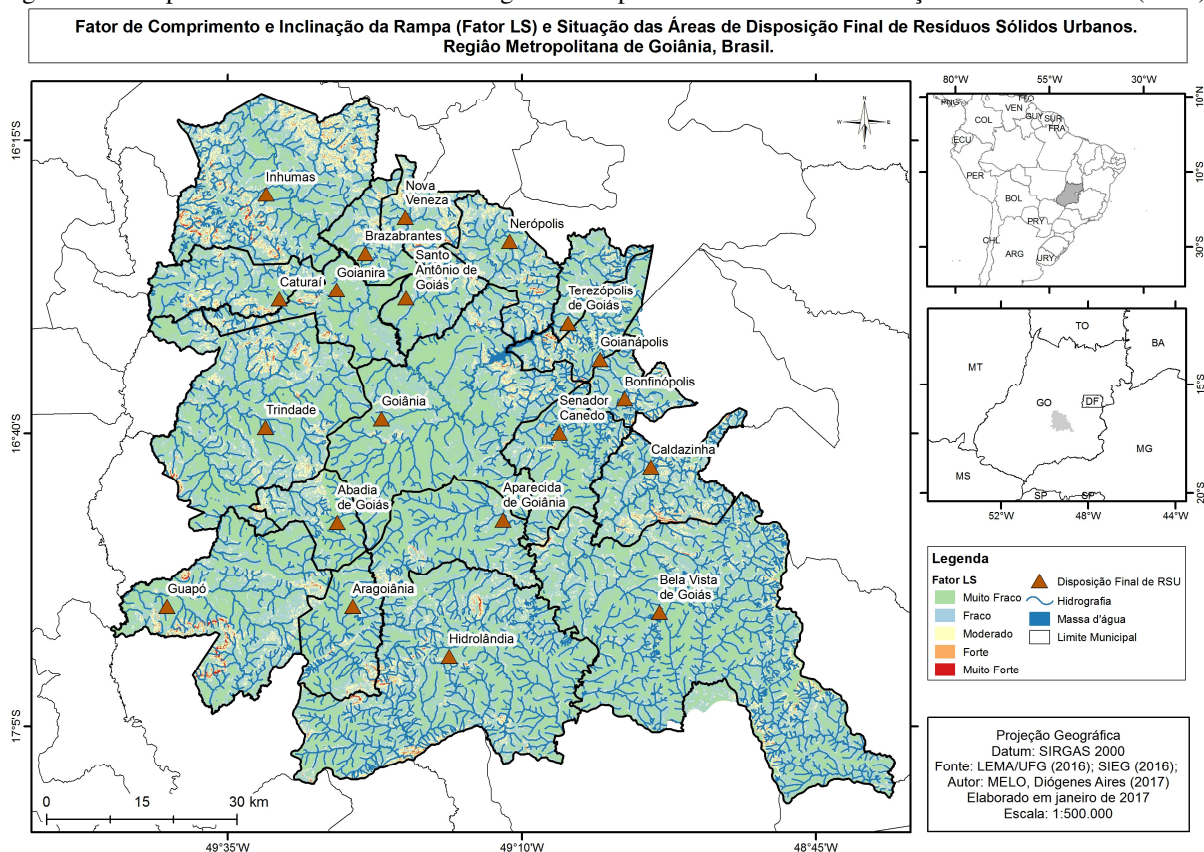
Pelos valores de TWI é possível dizer que as ADF de RSU pertencentes à Classe 100 são mais susceptíveis ao acúmulo de água em relação às Classes 10 e Classe 1. Assim, referente ao Fator TWI as ADF de Bela Vista de Goiás, Guapó, Inhumas e Senador Canedo merecem maior atenção que as demais.

5.3.2 Avaliação quanto ao Fator LS

Na Figura 72 é apresentado o Mapa do Fator LS, no qual é possível identificar as áreas com maior ou menor erodibilidade. As colorações mais próximas do verde indicam muito baixo

risco de erosão, enquanto que as mais próximas do vermelho indicam muito alto risco, o que deve ser evitado devido ao aumento do risco de erosão e instabilidade dos maciços de solos e resíduos.

Figura 72 – Mapa Temático do Fator LS da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016)



Fonte: Autor (2017)

Ao observar a Figura 72, foi possível quantificar todas as áreas da RMG para diferentes classificações do Fator LS e ainda visualizar qual classe de LS era pertinente à ADF de RSU de cada município, como é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à classe do Fator LS e classe do Fator LS para cada ADF de RSU

Município	Área total (km ²)	LS - Classificação da Área em km ²					Fator LS das ADF
		1	10	100	1.000	10.000	
Abadia de Goiás	147,29	74,09	50,30	21,91	0,81	0,18	1
Aparecida de Goiânia	291,12	160,89	100,17	28,67	1,17	0,22	1
Aragoiânia	217,35	112,60	77,27	25,36	1,55	0,72	1
Bela Vista de Goiás	1253,57	610,06	470,13	164,91	7,26	1,63	1
Bonfinópolis	121,38	39,04	50,28	29,13	2,19	0,73	10
Brazabranes	124,53	56,36	49,10	18,29	0,70	0,07	1
Caldazinha	252,31	75,89	106,75	63,26	4,89	1,51	1
Caturai	206,52	85,07	86,78	32,16	2,14	0,36	1
Goianápolis	161,12	56,65	63,71	36,64	3,57	1,22	1
Goiânia	737,56	442,67	220,67	69,30	3,89	0,95	1
Goianira	201,99	114,07	65,33	20,44	1,58	0,56	1
Guapó	515,60	263,86	174,41	64,52	7,70	4,98	1
Hidrolândia	942,73	439,04	362,79	129,81	7,89	3,19	10
Inhumas	612,96	197,66	239,57	154,70	15,90	5,13	10
Nerópolis	204,27	64,98	92,36	43,87	2,46	0,60	1
Nova Veneza	122,77	33,42	53,72	31,40	3,16	1,08	10
Santo Antônio de Goiás	134,66	73,17	42,63	16,86	1,42	0,58	1
Senador Canedo	245,40	115,00	92,53	35,78	1,68	0,40	10
Terezópolis de Goiás	108,12	47,63	43,07	16,31	0,89	0,21	10
Trindade	711,84	356,30	253,32	94,94	5,95	1,33	1
TOTAL	7.313,08	3.418,46	2.694,88	1.098,27	76,84	25,65	MODA 1

Fonte: Autor (2017)

Conforme Tabela 7, a maior parte do território da RMG, 3.418,46 km², o equivalente a 46,74%, é classificado com LS muito fraco, seguido das classes LS fraco, moderado, forte e muito forte.

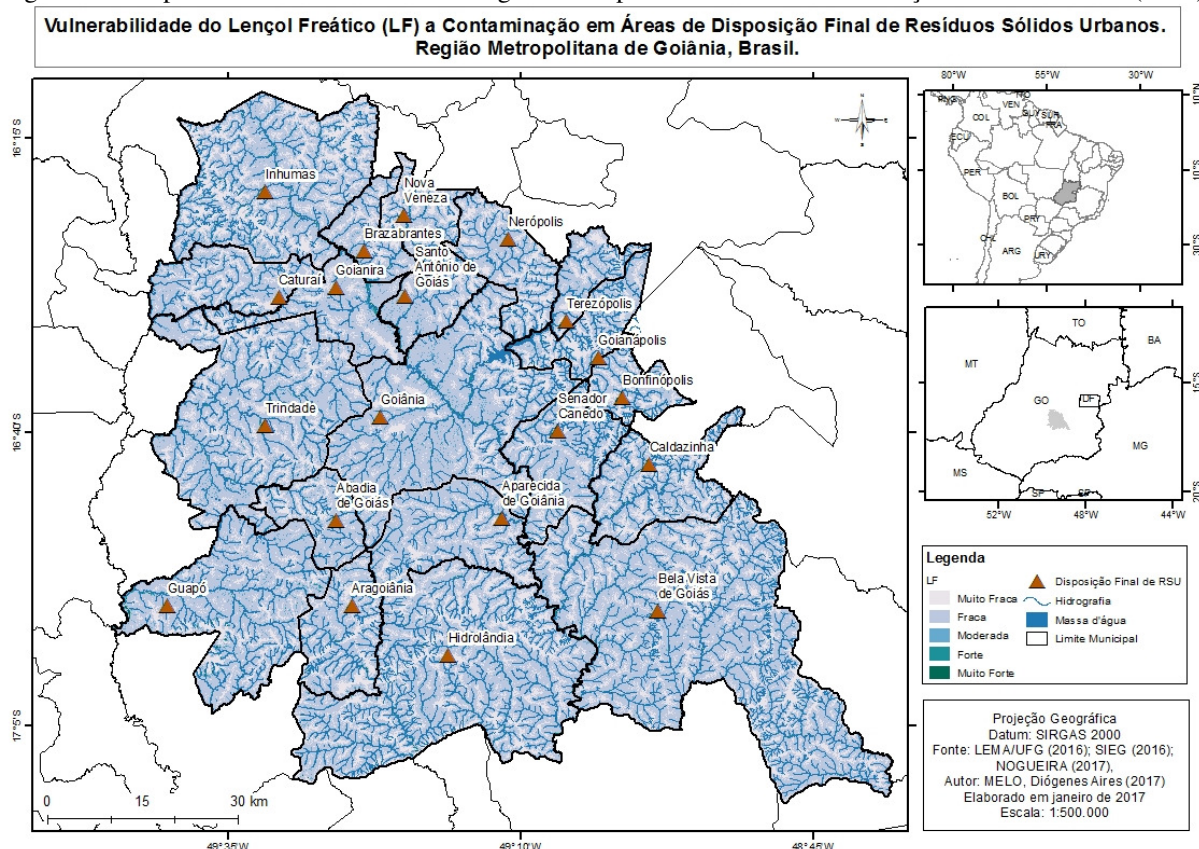
A maioria das ADF, totalizando 14, estão classificadas na Classe 1, considerada como muito fraco o valor do Fator LS, portanto com muito baixadecividade e comprimento de rampa. Em seguida, as demais estão classificadas na Classe 10, considerada fraca quanto ao Fator LS.

Pelos valores do Fator LS é possível dizer que as ADF de RSU pertencentes à Classe 10, dos municípios de Bonfinópolis, Hidrolândia, Inhumas, Nova Veneza, Senador Canedo e Terezópolis de Goiás merecem maior atenção quanto a esse aspecto do que as ADF pertencentes à Classe 1.

5.3.3 Avaliação quanto ao Fator LF – profundidade do lençol freático

Na Figura 73 é apresentado o Mapa do Fator LF, no qual é possível identificar as áreas com maior ou menor probabilidade de contaminação do lençol freático. As colorações mais claras indicam predominância de lençol freático profundo, enquanto que as colorações mais escuras indicam alta probabilidade de lençol freático raso.

Figura 73 - Mapa Temático do Fator LF da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016)



Fonte: Autor (2017)

Ao observar a Figura 73, foi possível quantificar todas as áreas da RMG para diferentes classificações do Fator LF e ainda visualizar a classe de LF pertinente à ADF de RSU de cada município, como é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à classe do Fator LF e classe do Fator LF para cada ADF de RSU

Município	Área total (km ²)	LF - Classificação da Área em km ²					LF das ADF
		1	10	100	1.000	10.000	
Abadia de Goiás	147,29	22,75	112,14	10,09	2,17	0,14	1
Aparecida de Goiânia	291,12	47,03	219,34	18,17	5,29	1,30	10
Aragoiânia	217,35	43,53	155,13	13,95	3,97	0,68	1
Bela Vista de Goiás	1253,57	216,85	915,96	88,90	25,09	6,60	10
Bonfinópolis	121,38	30,73	78,71	9,04	2,03	0,39	1
Brazabrantes	124,53	20,79	90,90	9,16	2,97	0,66	1
Caldazinha	252,31	56,66	167,14	19,72	5,89	2,62	1
Caturai	206,52	35,72	152,57	13,60	3,69	0,51	10
Goianápolis	161,12	36,56	107,75	13,28	3,09	0,66	1
Goiânia	737,56	99,37	562,07	56,49	14,92	4,64	1
Goianira	201,99	30,64	149,88	15,09	5,23	1,16	10
Guapó	515,60	70,19	385,19	43,06	13,91	2,52	10
Hidrolândia	942,73	186,36	664,47	67,06	18,83	5,14	1
Inhumas	612,96	139,35	408,20	48,97	12,72	2,41	10
Nerópolis	204,27	47,40	140,07	13,27	3,20	0,32	10
Nova Veneza	122,77	29,93	80,29	9,08	2,75	0,56	1
Santo Antônio de Goiás	134,66	22,81	98,10	10,59	2,45	0,72	1
Senador Canedo	245,40	39,12	180,28	18,19	5,50	2,30	1
Terezópolis de Goiás	108,12	19,74	76,50	7,89	2,93	0,74	10
Trindade	711,84	112,22	534,83	49,40	13,04	2,01	10
TOTAL	7.313,08	1.307,75	5.279,53	534,99	149,67	36,08	MODA 1

Fonte: Autor (2017)

Conforme Tabela 8, a maior parte do território da RMG, cerca de 5.279,53 km², o equivalente a 72,19%, é classificado com LF fraco, o que segundo Nogueira (2017), indica lençol freático estimado entre 8,07 a 10,38 m de profundidade. Mesmo sendo fraco, é preciso ter atenção com relação à profundidade, visto que a maioria das ADF da RMG possuem configuração do tipo trincheira com profundidade entre 3 a 6 m. Nas piores condições, uma trincheira com profundidade de 6 m num terreno com lençol freático a 8,07 m de profundidade, teria somente 2,07 m de diferença entre estes, o que não conseguiria atender a Resolução CEMAm 5/2014, que exige diferença superior a 5 m. Em seguida, as maiores ocorrências são respectivamente as classes LF muito fraco, moderado, forte e muito forte.

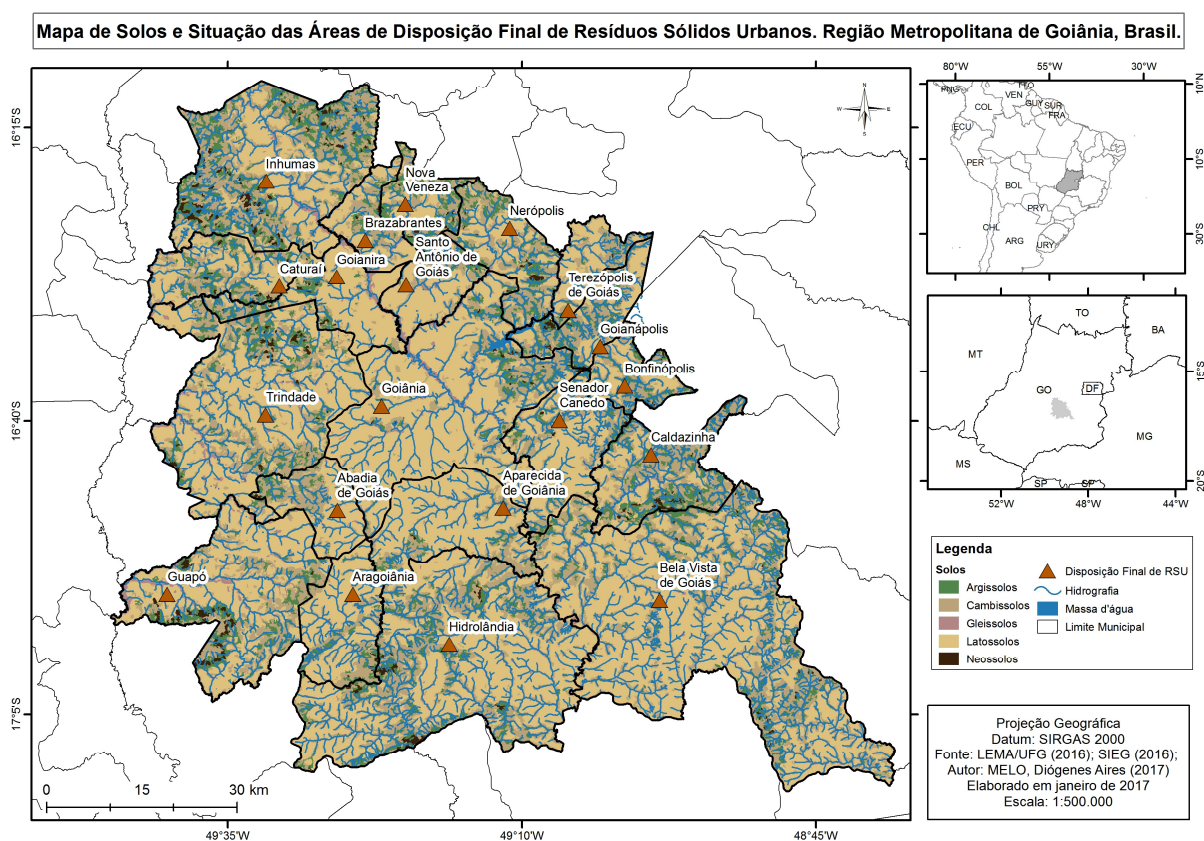
A maioria das ADF dos municípios da RMG estão classificadas na Classe 1, considerada como muito fraca a probabilidade do lençol freático estar mais próximo da superfície, e portanto, segundo Nogueira (2017) apresenta nível do lençol estimado entre 10,39 a 23,76. Em seguida, encontra-se 9 ADF na Classe 10, considerada fraca quanto ao Fator LF.

Pelos valores do Fator LF é possível dizer que as 9 ADF de RSU pertencentes à Classe 10, dos municípios de Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Caturai, Goianira, Guapó, Inhumas, Nerópolis, Terezópolis e Trindade merecem maior atenção quanto a esse aspecto do que as demais ADF pertencentes à Classe 1.

5.3.4 Avaliação quanto à permeabilidade do solo

Na Figura 74 apresenta o Mapa de Solos da RMG, no qual é possível identificar os 5 tipos de solos de maior ocorrência na RMG: Latossolo, Argissolo, Cambissolo, Gleissolo e Neossolo, que respectivamente, apresentam de menor a maior permeabilidade e riscos de contaminação.

Figura 74 - Mapa Temático de Solos da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016)



Fonte: Autor (2017)

Ao observar a Figura 74 é possível identificar todas as áreas da RMG para as 5 diferentes classes de solos e ainda, visualizar a classe de solo pertinente à ADF de RSU de cada município, como é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Quantificação das áreas dos municípios e das ADF de RSU da RMG quanto à classe de solos.

Município	Área total (km ²)	Solos - Classificação da Área em km ²					Solos das ADF
		Latossolo	Argissolo	Cambissolo	Gleissolo	Neossolo	
Abadia de Goiás	147,29	78,43	17,06	43,36	0,40	8,05	Latossolo
Aparecida de Goiânia	291,12	206,16	21,34	51,49	0,26	11,88	Cambissolo
Aragoiânia	217,35	137,04	21,72	48,73	0,84	9,17	Latossolo
Bela Vista de Goiás	1253,57	725,05	132,05	317,77	3,66	74,88	Latossolo
Bonfinópolis	121,38	41,23	27,86	46,14	3,55	2,60	Cambissolo
Brazabrantes	124,53	60,30	15,98	33,22	0,84	14,20	Latossolo
Caldazinha	252,31	59,75	69,30	104,15	5,66	13,44	Cambissolo
Caturai	206,52	96,64	36,37	53,82	2,27	17,41	Latossolo
Goianápolis	161,12	55,47	36,34	61,73	3,71	3,86	Latossolo
Goiânia	737,56	514,85	59,12	108,21	3,21	52,09	Latossolo
Goianira	201,99	132,61	21,18	26,24	1,91	20,06	Latossolo
Guapó	515,60	276,52	57,49	110,19	15,29	55,98	Latossolo
Hidrolândia	942,73	515,98	121,77	244,44	9,75	50,77	Latossolo
Inhumas	612,96	184,21	146,53	219,63	21,05	41,54	Latossolo
Nerópolis	204,27	65,38	48,01	77,34	2,68	10,87	Latossolo
Nova Veneza	122,77	32,34	34,06	44,84	3,53	8,00	Cambissolo
Santo Antônio de Goiás	134,66	81,71	11,52	29,82	1,42	10,18	Latossolo
Senador Canedo	245,40	130,24	34,73	65,65	1,70	13,07	Cambissolo
Terezópolis de Goiás	108,12	57,16	12,34	31,10	0,18	7,34	Latossolo
Trindade	711,84	403,34	86,15	155,93	8,04	58,38	Latossolo
TOTAL	7.313,08	3.854,41	1.010,91	1.873,80	89,96	483,77	MODA Latossolo

Fonte: Autor (2017)

Conforme Tabela 9, a maior parte do território da RMG, cerca de 3.854,41 km², o equivalente a 52,71%, é classificado com solo do tipo latossolo, considerado como de muito fraca vulnerabilidade de ser permeável em relação aos demais. Porém, isso não significa que ele seja impermeável ou possua baixa permeabilidade. Segundo Quadro 22, o latossolo possui coeficiente de permeabilidade estimado em 30 mm/dia, equivalente a $3,47 \times 10^{-5}$ cm/s, considerado como de média permeabilidade (ABNT, 1997; FARIA, 2002). Em seguida, as maiores ocorrências respectivamente são cambissolo, argissolo, neossolo e gleissolo.

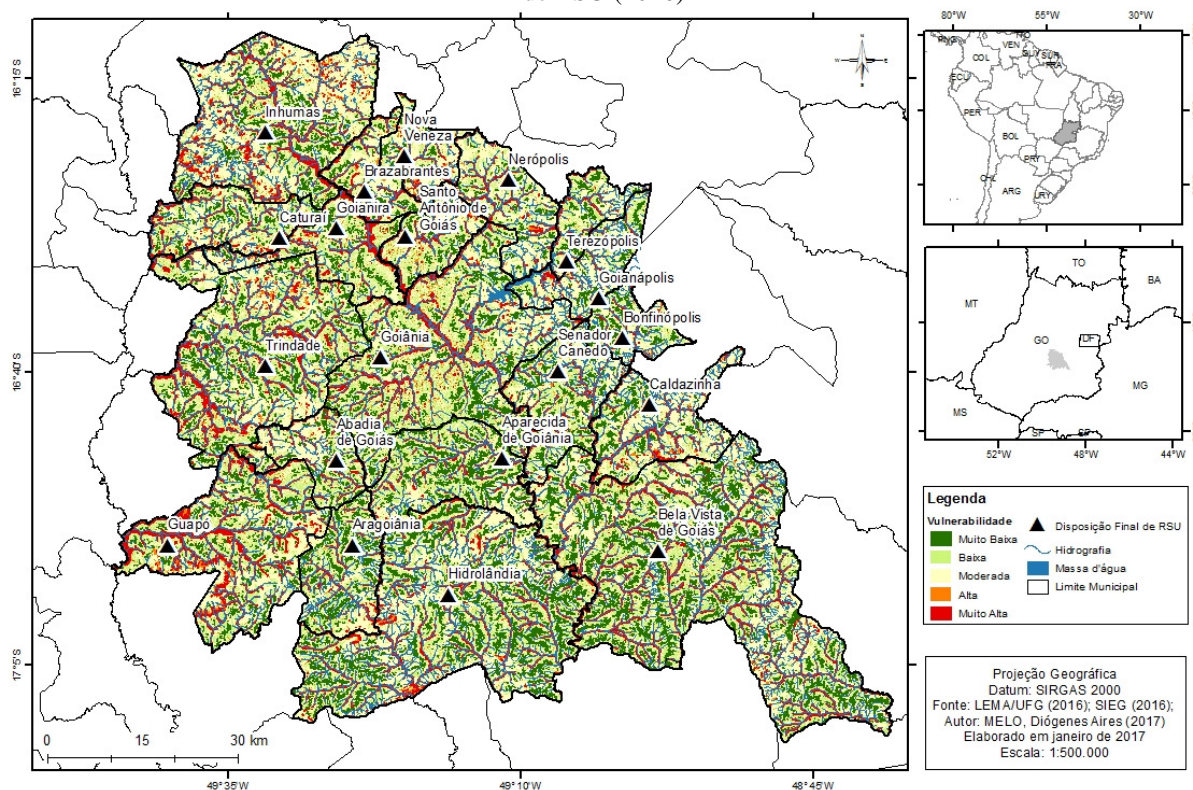
A maioria das ADF dos municípios da RMG possuem solo do tipo latossolo, seguido de 5 ADF do tipo cambissolo. O cambissolo, considerado como um solo intermediário entre os cinco da RMG, porém apresenta coeficiente de permeabilidade estimado em 70 mm/dia de acordo com Quadro 22, equivalente a $8,1 \times 10^{-5}$ cm/s, também considerado como de média permeabilidade (ABNT, 1997; FARIA, 2002).

Pelo tipo de solo das cinco ADF de RSU classificadas como cambissolo, pertencentes aos municípios de Aparecida de Goiânia, Bonfinópolis, Caldasinhas, Nova Veneza e Senador Canedo, merecem maior atenção quanto a esse aspecto do que as 15 demais ADF do tipo latossolo.

5.3.5 Avaliação da vulnerabilidade ambiental

Na Figura 75 se apresenta o Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da RMG, no qual é possível identificar cinco classes, da coloração verde até a vermelha, passando pelo amarelo, respectivamente nas condições de muito fraca vulnerabilidade até a muito forte, passando pela moderada.

Figura 75 - Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016)



Fonte: Autor (2017)

Ao observar a Figura 75, é possível identificar todas as classes de vulnerabilidade ambiental da RMG e ainda, visualizar aquela específica de cada uma das ADF de RSU, como é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Quantificação das áreas dos municípios e das ADF de RSU da RMG quanto à vulnerabilidade ambiental

Município	Área total (km²)	Vulnerabilidade - Classificação da Área em km²					Vulnerabilidade
		Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta	
Abadia de Goiás	147,29	2,10	54,60	72,70	8,09	9,80	Muito Baixa
Aparecida de Goiânia	291,12	7,88	132,50	120,32	14,43	15,99	Moderada
Aragoiânia	217,35	5,53	93,25	94,02	11,52	13,13	Muito Baixa
Bela Vista de Goiás	1.253,57	34,33	495,64	569,26	63,69	90,50	Moderada
Bonfinópolis	121,38	2,85	35,54	68,35	9,74	4,64	Moderada
Brazabrantes	124,53	1,53	43,90	58,84	5,45	14,61	Baixa
Caldazinha	252,31	3,20	64,35	146,94	18,97	18,83	Moderada
Caturai	206,52	2,77	81,42	92,72	10,82	18,79	Moderada
Goianápolis	161,12	2,46	46,82	90,70	13,42	7,70	Baixa
Goiânia	737,56	13,69	312,84	304,07	46,01	60,88	Muito Baixa
Goianira	201,99	2,95	22,53	82,52	82,52	11,47	Baixa
Guapó	515,60	6,35	195,22	210,49	37,09	66,04	Moderada
Hidrolândia	942,73	24,55	366,24	430,49	52,95	67,88	Muito Baixa
Inhumas	612,96	7,71	169,18	330,27	54,69	50,94	Moderada
Nerópolis	204,27	1,86	63,26	113,08	11,76	14,17	Baixa
Nova Veneza	122,77	1,48	35,19	66,09	9,09	10,86	Moderada
Santo Antônio de Goiás	134,66	2,03	49,50	62,78	9,04	11,31	Baixa
Senador Canedo	245,40	4,69	92,45	117,50	13,49	17,26	Moderada
Terezópolis de Goiás	108,12	1,94	38,48	53,00	5,42	9,19	Muito Baixa
Trindade	711,84	11,56	281,22	311,46	41,84	65,75	Baixa
TOTAL	7.313,08	141,46	2.674,11	3.395,60	520,02	579,75	MODA Moderada

Fonte: Autor (2017)

Conforme Tabela 10, a maior parte do território da RMG, cerca de 3.395,60 km², o equivalente a 46,43 %, foi considerado como de moderada vulnerabilidade ambiental, seguido das ocorrências das classes de baixa, muito alta, alta e muito baixa.

A maioria das ADF dos municípios da RMG foram consideradas com moderada vulnerabilidade, seguido por seis ADF com baixa e cinco ADF com muito baixa.

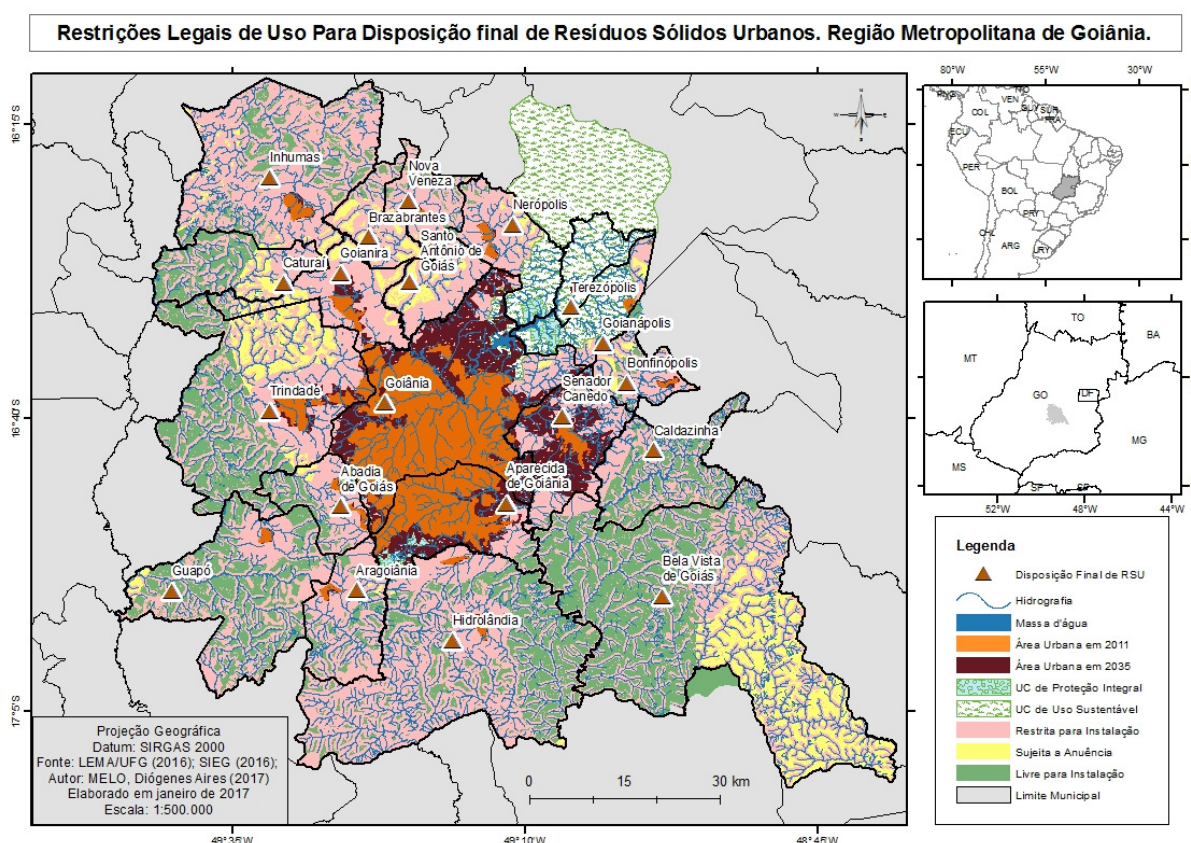
Pelas classes de vulnerabilidade encontradas é possível dizer que as nove ADF de RSU pertencentes à Classe de moderada vulnerabilidade, pertencente aos municípios de Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Bonfinópolis, Caldazinha, Caturai, Guapó, Inhumas, Nova Veneza e Senador Canedo merecem maior atenção quanto a esse aspecto do que as demais ADF pertencentes às Classes baixa e muito baixa vulnerabilidade ambiental.

Interessante observar que as ADF de Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás e Senador Canedo, consideradas como aterros sanitários, encontra-se em locais de moderada vulnerabilidade ambiental e portanto precisam melhorar ou no mínimo manter essa condição para que seja assegurada a proteção ao meio ambiente.

5.4 AVALIAÇÃO DA RESTRIÇÃO LEGAL DE USO DAS ÁREAS

A avaliação da restrição legal de uso das ADF de RSU da RMG pode ser visualizado no mapa da Figura 76, com a classificação das áreas em livres, sujeitas à anuência ou restritas para a instalação ou permanência de aterros sanitários.

Figura 76 - Mapa de Restrições Legais de Uso na Região Metropolitana de Goiânia em relação às ADF de RSU (2016)



Fonte: Autor (2017)

A partir do Mapa de Restrição Legal (Figura 76), foi possível quantificar as classes de áreas quanto à restrição legal em três tipos: áreas restritas, áreas sujeitas à anuência e áreas livres para instalação de aterros sanitários por município e a identificação da respectiva classe para cada ADF de RSU, conforme é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Quantificação das áreas dos municípios da RMG quanto à restrição legal de uso como ADF de RSU

Município	Área total (km ²)	Área Restrita para Instalação do Aterro (km ²)	Área Sujeita a Anuência para Instalação do Aterro (km ²)	Área Livre para Instalação do Aterro (km ²)	Áreas de ADF's quanto à Restrição
Abadia de Goiás	147,29	118,53	3,03	25,71	Restrita
Aparecida de Goiânia	291,12	284,08	0,00	7,04	Restrita
Aragoiânia	217,35	184,30	1,59	31,46	Restrita
Bela Vista de Goiás	1.253,57	676,16	217,30	360,02	Livre
Bonfinópolis	121,38	104,23	7,59	9,53	Livre
Brazabrantes	124,53	94,55	23,70	6,27	Anuência
Caldazinha	252,31	165,91	0,00	86,39	Livre
Caturaí	206,52	129,25	19,25	58,01	Restrita
Goianápolis	161,12	146,58	14,54	0,00	Restrita
Goiânia	737,56	735,64	1,94	0,00	Restrita
Goianira	201,99	174,38	23,62	3,97	Restrita
Guapó	515,60	325,23	4,28	186,01	Livre
Hidrolândia	942,73	726,25	1,01	215,36	Livre
Inhumas	612,96	506,82	14,66	91,44	Livre
Nerópolis	204,27	184,47	16,84	2,97	Restrita
Nova Veneza	122,77	106,68	2,24	13,84	Restrita
Santo Antônio de Goiás	134,66	106,84	27,79	0,03	Anuência
Senador Canedo	245,40	243,12	0,06	2,22	Restrita
Terezópolis de Goiás	108,12	93,35	14,46	0,30	Restrita
Trindade	711,84	462,16	73,91	175,60	Restrita
TOTAL	7.313,08	5.568,52	467,82	1.276,19	MODA Restrita

Fonte: Autor (2017)

Conforme Tabela 11, a maior parte do território da RMG, cerca de 5.568,52 km², o equivalente a 76,14%, foi considerado como área restrita para a instalação de aterros sanitários. Em seguida, a maior ocorrência é de áreas livres, com cerca de 1.276,19 km², o equivalente a 17,45%, e depois de áreas sujeitas à anuência dos órgãos públicos, cerca de 467,82 km², o equivalente a 6,40%.

Dentre as 20 ADF dos municípios da RMG, 12 ADF estão instaladas sobre áreas restritas, seis ADF estão em áreas livres e dois estão em áreas sujeitas à anuência.

Pelas classes de restrição é possível dizer que as 12 ADF de RSU instaladas em áreas restritas, pertencentes aos municípios de Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia, Caturaí, Goianápolis, Goiânia, Goianira, Nerópolis, Nova Veneza, Senador Canedo, Terezópolis de Goiás e Trindade merecem maior atenção quanto a esse aspecto do que as demais ADF instaladas em áreas livres ou sujeitas à anuência.

Interessante observar que as ADF de Aparecida de Goiânia, Senador Canedo e Trindade, consideradas como aterros sanitários, encontra-se em áreas restritas, apesar de até mesmo possuir licenças ambientais vigentes.

Como pode ser visto na Tabela 11, a avaliação espacial a partir dos dados georreferenciados utilizados, classificou as ADF dos municípios de Caldazinha e Guapó como áreas livres. Porém, no trabalho em campo e nas fotos aéreas apresentadas nas Figuras Figura 77 e Figura 78, foram comprovadamente identificadas como áreas restritas por desatender a Resolução CEMAm Nº 5/2014 no quesito de distância inferior a 500 m de domicílios rurais (cerca de 20 para ADF de Caldazinha) e cerca de 200 m de perímetro urbano (praticamente no interior do Distrito de Posselândia, Município de Guapó). Sendo assim, para a AHP apresentada mais adiante essas 2 áreas também foram consideradas áreas restritas, como pode ser visto Tabela 13.

Figura 77 – Domicílios rurais a menos de 500 m da ADF de Caldazinha



Fonte: Google Earth (2016)

Figura 78 – Núcleo populacional urbano a menos de 500 m e de 3 km da ADF de Guapó



Fonte: Google Earth (2016)

Para as demais ADF a visita em campo e informações dos processos de licenciamento, confirmaram as condições encontradas no Mapa de Restrições.

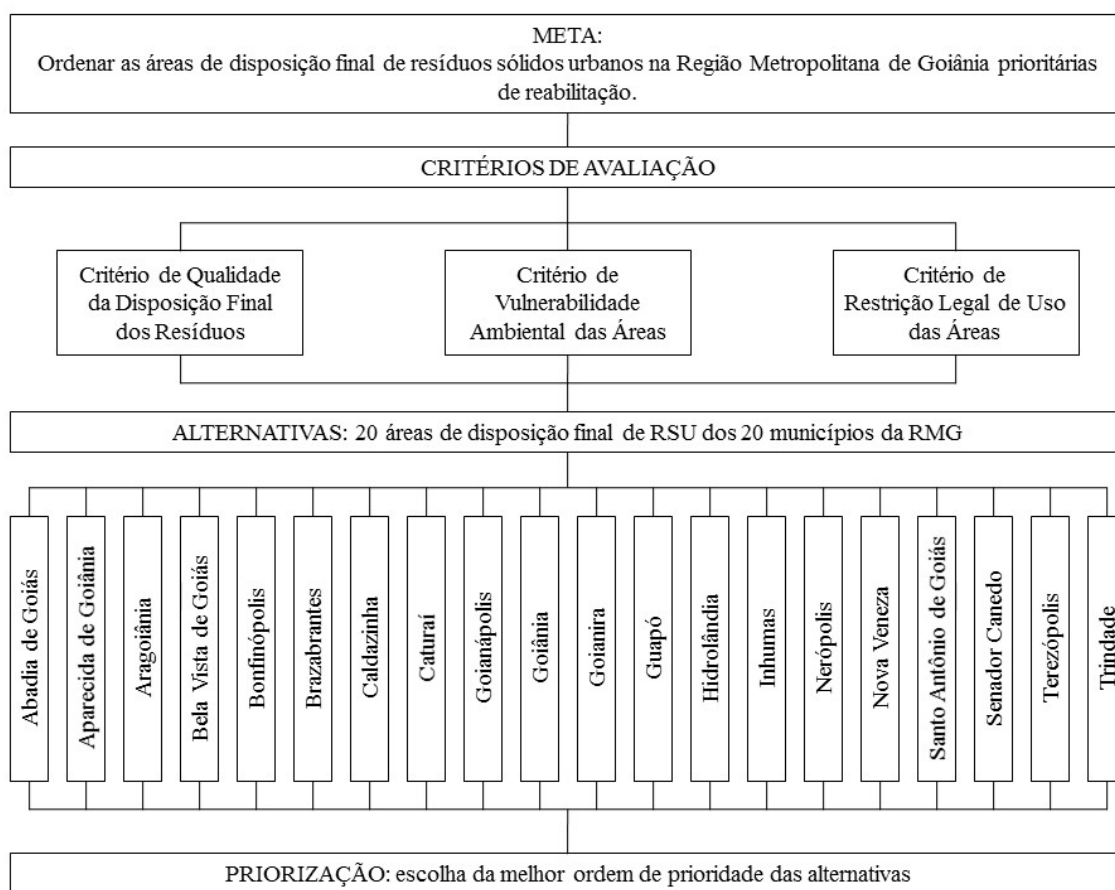
5.5 ANÁLISE HIERÁRQUICA DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS DE REABILITAÇÃO

A seguir são apresentados os resultados encontrados em cada etapa da AHP no sentido de encontrar a melhor ordenação prioritária das ADF quanto à necessidade de reabilitação perante os 3 critérios de avaliação considerados.

5.5.1 Estrutura hierárquica para priorização das áreas

Na Figura 79 se apresenta a esquematização da estrutura hierárquica definida para a pesquisa, a partir do qual pode ser realizado a Análise Hierárquica de Processos, segundo Saaty (1977).

Figura 79 – Estrutura hierárquica para priorização das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Goiânia quanto à necessidade de reabilitação (2017)



Fonte: Autor (2017)

5.5.2 Prioridades locais

Após a estruturação hierárquica para aplicação do método AHP, foi encontrado as prioridades locais dos três critérios de avaliação para o alcance da meta geral e das 20 alternativas em relação a cada um dos três critérios de avaliação, conforme descritos nos próximos itens.

5.5.2.1 Prioridades locais dos critérios de avaliação

Na Tabela 12 se apresenta a matriz de comparação paritária e seu autovetor normalizado expresso na última coluna. O auto vetor corresponde à média geométrica dos elementos de cada

linha e representa a matriz. Já o auto vetor normalizado representa o vetor de prioridades locais, o qual dá os devidos pesos aos critérios de acordo com seu grau de importância perante a aplicação do método AHP.

Tabela 12 – Matriz de Comparação Paritária e Vetor de Prioridades Locais dos Critérios

CRITÉRIOS	Qualidade da Disposição Final (C _{QDF})	Vulnerabilidade Ambiental (C _{VUL})	Restrição Legal de Uso (C _{RES})	AUTO VETOR (W)	Vetor de Prioridades Locais dos Critérios (T _c)
C _{QDF}	1,0	0,2	0,2	0,341995	0,090909
C _{VUL}	5,0	1,0	1,0	1,709976	0,454545
C _{RES}	5,0	1,0	1,0	1,709976	0,454545
TOTAL				3,761947	1,000000

Fonte: Autor (2017)

Portanto, o vetor de prioridades locais dos critérios é $T = (0,090909; 0,454545; 0,454545)$, e portanto é esse o peso de cada critério em relação ao outro, os quais serão combinados mais adiante para a determinação do vetor de prioridades globais.

Foi verificada a consistência da matriz de comparação paritária entre os critérios, por meio do cálculo do autovalor máximo ($\lambda_{\max}$) desta matriz de ordem 3. A matriz foi considerada consistente visto que o $\lambda_{\max}$ é 3 e igual à ordem da matriz. A partir daí, foi permitido prosseguir os demais cálculos.

5.5.2.2 Prioridades locais das alternativas

A Matriz de Valores das alternativas para cada critério é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Matriz de valores das alternativas para os 3 critérios de avaliação em diferentes escalas

ALTERNATIVAS	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO (respostas alfanuméricas)			CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO (respostas numéricas)		
	CQDF	CVUL	CRES	CQDF	CVUL	CRES
Abadia de Goiás	6,43	Muito Baixa	Restrita	6,43	5	1
Aparecida de Goiânia	8,14	Moderada	Restrita	8,14	3	1
Aragoiânia	2,93	Muito Baixa	Restrita	2,93	5	1
Bela Vista de Goiás	8,14	Moderada	Livre	8,14	3	3
Bonfinópolis	5,79	Moderada	Livre	5,79	3	3
Brazabrantes	3,36	Baixa	Anuência	3,36	4	2
Caldazinha	2,57	Moderada	Restrita	2,57	3	1
Caturai	4,36	Moderada	Restrita	4,36	3	1
Goianápolis	4,71	Baixa	Restrita	4,71	4	1
Goiânia	6,79	Muito Baixa	Restrita	6,79	5	1
Goianira	3,43	Baixa	Restrita	3,43	4	1
Guapó	2,07	Moderada	Restrita	2,07	3	1
Hidrolândia	7,5	Muito Baixa	Livre	7,50	5	3
Inhumas	4,57	Moderada	Livre	4,57	3	3
Nerópolis	4,57	Baixa	Restrita	4,57	3	1
Nova Venesa	3,29	Moderada	Restrita	3,29	3	1
Santo Antônio de Goiás	3,29	Baixa	Anuência	3,29	3	2
Senador Canedo	8,36	Moderada	Restrita	8,36	3	1
Terezópolis de Goiás	2,43	Muito Baixa	Restrita	2,43	5	1
Trindade	8,14	Baixa	Restrita	8,14	3	1

Fonte: Autor (2017)

A partir da Matriz de Valores (Tabela 13) foi possível construir as Matrizes de Comparação Paritária das 20 alternativas em relação aos três critérios apresentadas na Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16. Os autovetores destas três matrizes paritárias correspondem às prioridades locais das alternativas em relação aos três critérios. A partir da comparação do valor do IQA, de cada uma das 20 alternativas em relação às demais, foi obtido todos os elementos a_{ij} da matriz paritária A, apresentada na Tabela 14. A partir da matriz de comparação paritária das alternativas em relação ao critério qualidade da disposição final (C_{QDF}), foi determinado seu auto vetor, proveniente dos produtórios de todos os elementos de cada linha. Depois de obtido o auto vetor (W_{QDF}), o mesmo foi normalizado, dando origem ao vetor de prioridades locais (T_{QDF}), como pode ser visto na Tabela 14. Da mesma forma, foram construídas as matrizes paritárias para os demais critérios: C_{VUL} e C_{RES} ; e obtidos seus respectivos vetores de prioridades locais (T_{VUL} e T_{RES}), como são apresentados na Tabela 15 e na Tabela 16.

Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Qualidade da Disposição Final

Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Qualidade da Disposição Final																					AUTO VETOR (WQDF)	Vetor Prioridades Locais (TQDF)
ALTERNATIVAS	ABA	APA	ARA	BEL	BOM	BRA	CAL	CAT	GOP	GOI	GOR	GUA	HID	INH	NER	NOV	SAN	SEN	TER	TRI		
Abadia de Goiás (ABA)	1,00	0,79	2,19	0,79	1,11	1,91	2,50	1,47	1,37	0,95	1,87	3,11	0,86	1,41	1,41	1,95	1,95	0,77	2,65	0,79	1,400486	0,063745
Aparecida de Goiânia (APA)	1,27	1,00	2,78	1,00	1,41	2,42	3,17	1,87	1,73	1,20	2,37	3,93	1,09	1,78	1,78	2,47	2,47	0,97	3,35	1,00	1,772933	0,080698
Aragoiânia (ARA)	0,46	0,36	1,00	0,36	0,51	0,87	1,14	0,67	0,62	0,43	0,85	1,42	0,39	0,64	0,64	0,89	0,89	0,35	1,21	0,36	0,638169	0,029047
Bela Vista de Goiás (BEL)	1,27	1,00	2,78	1,00	1,41	2,42	3,17	1,87	1,73	1,20	2,37	3,93	1,09	1,78	1,78	2,47	2,47	0,97	3,35	1,00	1,772933	0,080698
Bonfinópolis (BON)	0,90	0,71	1,98	0,71	1,00	1,72	2,25	1,33	1,23	0,85	1,69	2,80	0,77	1,27	1,27	1,76	1,76	0,69	2,38	0,71	1,261091	0,057401
Brazabrantes (BRA)	0,52	0,41	1,15	0,41	0,58	1,00	1,31	0,77	0,71	0,49	0,98	1,62	0,45	0,74	0,74	1,02	1,02	0,40	1,38	0,41	0,731825	0,033310
Caldazinha (CAL)	0,40	0,32	0,88	0,32	0,44	0,76	1,00	0,59	0,55	0,38	0,75	1,24	0,34	0,56	0,56	0,78	0,78	0,31	1,06	0,32	0,559759	0,025478
Caturai (CAT)	0,68	0,54	1,49	0,54	0,75	1,30	1,70	1,00	0,93	0,64	1,27	2,11	0,58	0,95	0,95	1,33	1,33	0,52	1,79	0,54	0,949630	0,043224
Goianápolis (GOP)	0,73	0,58	1,61	0,58	0,81	1,40	1,83	1,08	1,00	0,69	1,37	2,28	0,63	1,03	1,03	1,43	1,43	0,56	1,94	0,58	1,025862	0,046694
Goiania (GOI)	1,06	0,83	2,32	0,83	1,17	2,02	2,64	1,56	1,44	1,00	1,98	3,28	0,91	1,49	1,49	2,06	2,06	0,81	2,79	0,83	1,478896	0,067314
Goianira (GOR)	0,53	0,42	1,17	0,42	0,59	1,02	1,33	0,79	0,73	0,51	1,00	1,66	0,46	0,75	0,75	1,04	1,04	0,41	1,41	0,42	0,747071	0,034004
Guapó (GUA)	0,32	0,25	0,71	0,25	0,36	0,62	0,81	0,47	0,44	0,30	0,60	1,00	0,28	0,45	0,45	0,63	0,63	0,25	0,85	0,25	0,450856	0,020521
Hidrolândia (HID)	1,17	0,92	2,56	0,92	1,30	2,23	2,92	1,72	1,59	1,10	2,19	3,62	1,00	1,64	1,64	2,28	2,28	0,90	3,09	0,92	1,633538	0,074353
Inhumas (INH)	0,71	0,56	1,56	0,56	0,79	1,36	1,78	1,05	0,97	0,67	1,33	2,21	0,61	1,00	1,00	1,39	1,39	0,55	1,88	0,56	0,995369	0,045306
Nerópolis (NER)	0,71	0,56	1,56	0,56	0,79	1,36	1,78	1,05	0,97	0,67	1,33	2,21	0,61	1,00	1,00	1,39	1,39	0,55	1,88	0,56	0,995369	0,045306
Nova Venesa (NOV)	0,51	0,40	1,12	0,40	0,57	0,98	1,28	0,75	0,70	0,48	0,96	1,59	0,44	0,72	0,72	1,00	1,00	0,39	1,35	0,40	0,716579	0,032616
Santo Antônio de Goiás (SAN)	0,51	0,40	1,12	0,40	0,57	0,98	1,28	0,75	0,70	0,48	0,96	1,59	0,44	0,72	0,72	1,00	1,00	0,39	1,35	0,40	0,716579	0,032616
Senador Canedo (SEN)	1,30	1,03	2,85	1,03	1,44	2,49	3,25	1,92	1,77	1,23	2,44	4,04	1,11	1,83	1,83	2,54	2,54	1,00	3,44	1,03	1,820850	0,082879
Terezópolis de Goiás (TER)	0,38	0,30	0,83	0,30	0,42	0,72	0,95	0,56	0,52	0,36	0,71	1,17	0,32	0,53	0,53	0,74	0,74	0,29	1,00	0,30	0,529266	0,024090
Trindade (TRI)	1,27	1,00	2,78	1,00	1,41	2,42	3,17	1,87	1,73	1,20	2,37	3,93	1,09	1,78	1,78	2,47	2,47	0,97	3,35	1,00	1,772933	0,080698
Somatório - Vetor Coluna (w)	15,7	12,4	34,4	12,4	17,4	30,0	39,2	23,1	21,4	14,9	29,4	48,7	13,4	22,1	22,1	30,7	30,7	12,1	41,5	12,4	21,9700	1,000000

Fonte: Autor (2017)

Tabela 15 – Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Vulnerabilidade Ambiental

Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Vulnerabilidade Ambiental																					AUTO VETOR (W _{VUL})	Vetor Prioridades Locais (T _{VUL})
ALTERNATIVAS	ABA	APA	ARA	BEL	BOM	BRA	CAL	CAT	GOP	GOI	GOR	GUA	HID	INH	NER	NOV	SAN	SEN	TER	TRI		
Abadia de Goiás (ABA)	1,00	1,67	1,00	1,67	1,67	1,25	1,67	1,67	1,25	1,00	1,25	1,67	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,00	1,67	1,404901	0,068493
Aparecida de Goiânia (APA)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Aragoiânia (ARA)	1,00	1,67	1,00	1,67	1,67	1,25	1,67	1,67	1,25	1,00	1,25	1,67	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,00	1,67	1,404901	0,068493
Bela Vista de Goiás (BEL)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Bonfinópolis (BON)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Brazabrantes (BRA)	0,80	1,33	0,80	1,33	1,33	1,00	1,33	1,33	1,00	0,80	1,00	1,33	0,80	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	0,80	1,33	1,123921	0,054795
Caldazinha (CAL)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Caturai (CAT)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Goianápolis (GOP)	0,80	1,33	0,80	1,33	1,33	1,00	1,33	1,33	1,00	0,80	1,00	1,33	0,80	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	0,80	1,33	1,123921	0,054795
Goiania (GOI)	1,00	1,67	1,00	1,67	1,67	1,25	1,67	1,67	1,25	1,00	1,25	1,67	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,00	1,67	1,404901	0,068493
Goianira (GOR)	0,80	1,33	0,80	1,33	1,33	1,00	1,33	1,33	1,00	0,80	1,00	1,33	0,80	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	0,80	1,33	1,123921	0,054795
Guapó (GUA)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Hidrolândia (HID)	1,00	1,67	1,00	1,67	1,67	1,25	1,67	1,67	1,25	1,00	1,25	1,67	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,00	1,67	1,404901	0,068493
Inhumas (INH)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Nerópolis (NER)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Nova Venesa (NOV)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Santo Antônio de Goiás (SAN)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Senador Canedo (SEN)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Terezópolis de Goiás (TER)	1,00	1,67	1,00	1,67	1,67	1,25	1,67	1,67	1,25	1,00	1,25	1,67	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,00	1,67	1,404901	0,068493
Trindade (TRI)	0,60	1,00	0,60	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,60	0,75	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,842941	0,041096
Somatório - Vetor Coluna (w)	14,6	24,3	14,6	24,3	24,3	18,3	24,3	24,3	18,3	14,6	18,3	24,3	14,6	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	14,6	24,3	20,511556	1,000000

Fonte: Autor (2017)

Tabela 16 – Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Restrição Legal

Matriz de Comparação Paritária segundo o Critério Restrição Legal																				AUTO VETOR (W _{RES})	Vetor Prioridades Locais (T _{RES})	
ALTERNATIVAS	ABA	APA	ARA	BEL	BOM	BRA	CAL	CAT	GOP	GOI	GOR	GUA	HID	INH	NER	NOV	SAN	SEN	TER	TRI		
Abadia de Goiás (ABA)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Aparecida de Goiânia (APA)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Aragoiânia (ARA)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Bela Vista de Goiás (BEL)	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,50	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,50	3,00	3,00	3,00	2,246953	0,100000
Bonfinópolis (BON)	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,50	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,50	3,00	3,00	3,00	2,246953	0,100000
Brazabrantes (BRA)	2,00	2,00	2,00	0,67	0,67	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,67	0,67	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,497969	0,066667
Caldazinha (CAL)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Caturai (CAT)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Goianápolis (GOP)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Goiania (GOI)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Goianira (GOR)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Guapó (GUA)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Hidrolândia (HID)	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,50	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,50	3,00	3,00	3,00	2,246953	0,100000
Inhumas (INH)	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,50	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,50	3,00	3,00	3,00	2,246953	0,100000
Nerópolis (NER)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Nova Venesa (NOV)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Santo Antônio de Goiás (SAN)	2,00	2,00	2,00	0,67	0,67	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,67	0,67	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,497969	0,066667
Senador Canedo (SEN)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Terezópolis de Goiás (TER)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Trindade (TRI)	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,748984	0,033333
Somatório - Vetor Coluna (w)	30.0	30.0	30.0	10.0	10.0	15.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	10.0	10.0	30.0	30.0	15.0	30.0	30.0	30.0	22.4695	1.000000

Fonte: Autor (2017)

5.5.2.3 Verificação da consistência

Foi verificada a consistência de todas as matrizes de comparação paritária segundo os critérios C_{QDF} (Tabela 14), C_{VUL} (Tabela 15) e C_{RES} (Tabela 16), por meio da Equação 6 $\lambda_{\max} = T * w$. Todas estas matrizes foram consideradas consistentes visto que os valores de $\lambda_{\max}$ foram iguais à ordem das matrizes, portanto igual a 20.

5.5.3 Prioridades globais

Após obtidos todos os vetores de prioridades locais dos critérios e das alternativas em relação a cada um dos três critérios, foi calculado o vetor de prioridades globais (T_G) a partir da equação 10, multiplicando cada vetor de prioridades locais (T) com seu devido peso no vetor de prioridades dos critérios (T_C). A Tabela 17 apresenta a matriz dos vetores de prioridades locais e globais.

Tabela 17 – Matriz de vetores prioridades locais e globais

ALTERNATIVAS	Vetor Prioridades Locais das Alternativas segundo os Critérios			Vetor Prioridades Globais (T_G)
	T_{QDF}	T_{VUL}	T_{RES}	
Abadia de Goiás	0,0637	0,0685	0,0333	0,0521
Aparecida de Goiânia	0,0807	0,0411	0,0333	0,0412
Aragoiânia	0,0290	0,0685	0,0333	0,0489
Bela Vista de Goiás	0,0807	0,0411	0,1000	0,0715
Bonfinópolis	0,0574	0,0411	0,1000	0,0694
Brazabrantes	0,0333	0,0548	0,0667	0,0582
Caldazinha	0,0255	0,0411	0,0333	0,0361
Caturai	0,0432	0,0411	0,0333	0,0378
Goianápolis	0,0467	0,0548	0,0333	0,0443
Goiania	0,0673	0,0685	0,0333	0,0524
Goianira	0,0340	0,0548	0,0333	0,0431
Guapó	0,0205	0,0411	0,0333	0,0357
Hidrolândia	0,0744	0,0685	0,1000	0,0833
Inhumas	0,0453	0,0411	0,1000	0,0683
Nerópolis	0,0453	0,0411	0,0333	0,0380
Nova Veneza	0,0326	0,0411	0,0333	0,0368
Santo Antônio de Goiás	0,0326	0,0411	0,0667	0,0519
Senador Canedo	0,0829	0,0411	0,0333	0,0414
Terezópolis de Goiás	0,0241	0,0685	0,0333	0,0485
Trindade	0,0807	0,0411	0,0333	0,0412
Vetor Prioridades Locais entre os Critérios (T_C)	0,0909	0,4545	0,4545	1,0000

Fonte: Autor (2017)

Na Tabela 17, é possível observar o vetor de prioridades globais como resultado da média ponderada entre os vetores locais.

Os valores do vetor de prioridades globais indica que quanto maior o seu valor, melhor é a combinação da qualidade da disposição final, da vulnerável ambiental e da restrição legal de uso daquela ADF. Assim, os menores valores indicam as piores condições e portanto, torna essa ADF prioritária à reabilitação ambiental. O próximo menor valor mostra que essa ADF é a próxima mais prioritária de ser reabilitada e assim por diante, a ordem crescente do vetor indica a ordem de prioridade de reabilitação das ADF e portanto, o ranqueamento prioritário, objeto desse estudo.

A partir dos resultados da Tabela 17 foi possível gerar o Quadro 26, no qual observam-se a ordem de prioridade 1 até 20, sendo 1 o mais prioritário e 20 o menos prioritário.

Quadro 26 - Ordem de prioridade de reabilitação ambiental das ADF de RSU da RMG segundo o vetor de prioridades globais do método AHP

ALTERNATIVAS	VETOR PRIORIDADES GLOBAIS	ORDEM DE PRIORIDADE
Guapó	0,0357	1
Caldazinha	0,0361	2
Nova Veneza	0,0368	3
Caturai	0,0378	4
Nerópolis	0,0380	5
Aparecida de Goiânia	0,0412	6
Trindade	0,0412	7
Senador Canedo	0,0414	8
Goianira	0,0431	9
Goianápolis	0,0443	10
Terezópolis de Goiás	0,0485	11
Aragoiânia	0,0489	12
Santo Antônio de Goiás	0,0519	13
Abadia de Goiás	0,0521	14
Goiania	0,0524	15
Brazabrantes	0,0582	16
Inhumas	0,0683	17
Bonfinópolis	0,0694	18
Bela Vista de Goiás	0,0715	19
Hidrolândia	0,0833	20

Fonte: Autor (2017)

Segundo o ranqueamento apresentado no Quadro 26, a ADF de RSU mais prioritária de reabilitação é a de Guapó e a menos prioritária é a de Hidrolândia. Essa ordem não indica as áreas que estão em piores e melhores de enquadramentos quanto à situação da disposição final,

o que é expresso pelos valores de IQA (Tabela 5). A ordem de prioridade indica o ranqueamento das piores até as melhores áreas em situação de degradação ambiental, e portanto em ordem prioritária quanto à necessidade de reabilitação. Isso quer dizer que a ADF de Guapó ficou considerada a mais prioritária visto que está em área restrita, está na pior área de vulnerabilidade ambiental entre as ADF de RSU da RMG e possui o menor valor de IQA. Já a ADF de Hidrolândia foi considerada a menos prioritária de reabilitação entre as demais. Isso não quer dizer que a mesma não tenha que se adequar como aterro sanitário, visto que seu valor de IQA igual a 7,50 ficou abaixo do limite de 8,01 para o enquadramento como disposição final adequada. Contudo, melhorias como a cobertura diária e compactação são capazes de classificá-lo como aterro sanitário. Além do mais, a ADF de Hidrolândia está instalada em área livre legalmente e com muito baixa vulnerabilidade ambiental. Isso demonstra que áreas em condições operacionais inadequadas de disposição pode representar menor risco de degradação ambiental em áreas livres legalmente e de muito baixa vulnerabilidade ambiental, do que aterros sanitários instalados em áreas restritas e de moderada a alta vulnerabilidade ambiental, o que comprova a necessidade de maior atenção na seleção de áreas adequadas e permitidas por lei para a instalação e operação desta atividade.

5.5.4 Priorização adotada para as alternativas

Antes de adotar a ordem das prioridades globais do Quadro 26 como sendo a melhor, foi preciso realizar a análise de sensibilidade.

5.5.4.1 Análise de sensibilidade

Para a realização da análise de sensibilidade foram comparados o ranqueamento do Quadro 26 com outros ranqueamentos encontrados a partir das variações dos valores das alternativas e dos pesos dos critérios, apresentados no Quadro 27. Sendo assim, foram propostas as seguintes situações:

- Ranqueamento 2 - variação do peso entre os critérios para: $C_{RES} = C_{VUL} = 3 C_{QDF}$;
- Ranqueamento 3 - admitindo pesos iguais para todos os critérios: $C_{RES} = C_{VUL} = C_{QDF}$, em que a Matriz Paritária de Critérios teria todos os elementos a_{ij} iguais a 1;
- Ranqueamento 4 resultante da condição do peso entre os critérios: $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$ e igualando todos os valores de IQA;

- Ranqueamento 5 resultante da condição do peso entre os critérios: $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$ e igualando todos os valores da vulnerabilidade ambiental, e
- Ranqueamento 6 resultante da condição do peso entre os critérios: $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$ e igualando todos os valores de restrição legal.

Quadro 27 – Ranqueamentos das ADF de RSU da RMG com relação à prioridade de reabilitação ambiental obtidos em diferentes AHP a partir da variação do peso dos critérios e valores das alternativas

Ordem de Prioridade	Ranqueamento 1 (CVUL=CRES=5xCQDF)	TG1	Ranqueamento 2 (CVUL=CRES=3xCQDF)	TG2	Ranqueamento 3 (CVUL=CRES=CQDF)	TG3	Ranqueamento 4 (CVUL=CRES=5xCQDF) e CQDF com IQA's iguais	TG4	Ranqueamento 5 (CVUL=CRES=5xCQDF) e CVUL iguais	TG5	Ranqueamento 6 (CVUL=CRES=5xCQDF) e CRES iguais	TG6
1	Guapó	0,0357	Guapó	0,0348	Guapó	0,0317	Guapó	0,0384	Guapó	0,0397	Guapó	0,0433
2	Caldazinha	0,0361	Caldazinha	0,0355	Caldazinha	0,0333	Caldazinha	0,0384	Terezópolis de Goiás	0,0401	Caldazinha	0,0437
3	Nova Veneza	0,0368	Nova Veneza	0,0366	Nova Veneza	0,0357	Nova Veneza	0,0384	Caldazinha	0,0402	Nova Veneza	0,0444
4	Caturai	0,0378	Caturai	0,0381	Caturai	0,0392	Caturai	0,0384	Aragoiânia	0,0405	Santo Antônio de Goiás	0,0444
5	Nerópolis	0,0380	Nerópolis	0,0384	Nerópolis	0,0399	Nerópolis	0,0384	Nova Veneza	0,0408	Caturai	0,0453
6	Aparecida de Goiânia	0,0412	Goianira	0,0426	Goianira	0,0407	Aparecida de Goiânia	0,0384	Goianira	0,0410	Inhumas	0,0455
7	Trindade	0,0412	<i>Aparecida de Goiânia</i>	0,0434	Terezópolis de Goiás	0,0420	Trindade	0,0384	Caturai	0,0418	Nerópolis	0,0455
8	Senador Canedo	0,0414	<i>Trindade</i>	0,0434	Aragoiânia	0,0436	Senador Canedo	0,0384	Nerópolis	0,0420	Bonfinópolis	0,0466
9	Goianira	0,0431	<i>Senador Canedo</i>	0,0437	Goianópolis	0,0449	Goianira	0,0446	Goianópolis	0,0421	Aparecida de Goiânia	0,0487
10	Goianópolis	0,0443	Goianópolis	0,0444	Santo Antônio de Goiás	0,0468	Goianópolis	0,0446	Abadia de Goiás	0,0437	Bela Vista de Goiás	0,0487
11	Terezópolis de Goiás	0,0485	Terezópolis de Goiás	0,0471	Brazabranes	0,0516	Terezópolis de Goiás	0,0508	Goiania	0,0440	Trindade	0,0487
12	Aragoiânia	0,0489	Aragoiânia	0,0478	Aparecida de Goiânia	0,0517	Aragoiânia	0,0508	Aparecida de Goiânia	0,0452	Senador Canedo	0,0489
13	Santo Antônio de Goiás	0,0519	Santo Antônio de Goiás	0,0508	Trindade	0,0517	Goiania	0,0508	Trindade	0,0452	Brazabranes	0,0507
14	Abadia de Goiás	0,0521	Abadia de Goiás	0,0527	Senador Canedo	0,0524	Abadia de Goiás	0,0508	Senador Canedo	0,0454	Goianira	0,0507
15	Goiania	0,0524	Goiania	0,0533	Abadia de Goiás	0,0552	Santo Antônio de Goiás	0,0535	Santo Antônio de Goiás	0,0560	Goianópolis	0,0519
16	Brazabranes	0,0582	Brazabranes	0,0568	Goiania	0,0564	Brazabranes	0,0598	Brazabranes	0,0561	Terezópolis de Goiás	0,0561
17	Inhumas	0,0683	Inhumas	0,0669	Inhumas	0,0621	Inhumas	0,0687	Inhumas	0,0723	Aragoiânia	0,0565
18	Bonfinópolis	0,0694	Bonfinópolis	0,0687	Bonfinópolis	0,0662	Bonfinópolis	0,0687	Bonfinópolis	0,0734	Abadia de Goiás	0,0597
19	Bela Vista de Goiás	0,0715	Bela Vista de Goiás	0,0720	Bela Vista de Goiás	0,0739	Bela Vista de Goiás	0,0687	Hidrolândia	0,0749	Goiania	0,0600
20	Hidrolândia	0,0833	Hidrolândia	0,0828	Hidrolândia	0,0809	Hidrolândia	0,0811	Bela Vista de Goiás	0,0755	Hidrolândia	0,0606

Legenda: Alternativas em **negrito** indicam alteração da posição no ranqueamento; alternativas em **negrito** e *itálico* indicam alteração de posição de uma alternativa com a mesma sequência para as demais

Fonte: Autor (2017)

Comparando o ranqueamento 1 encontrado no Quadro 26 com os ranqueamentos de N° 2 a N° 6 da AHP dos três critérios C_{QDF} , C_{VUL} e C_{RES} , apresentados no Quadro 27, observou que:

- todos os ranqueamentos apresentaram a ADF de Guapó com prioridade 1 e a ADF de Hidrolândia como prioridade 20, com exceção do ranqueamento 5 que a listou como prioridade 19;
- a variação do peso dos critérios de $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$ para $C_{RES} = C_{VUL} = 3 C_{QDF}$, somente alterou a posição de Goianira da prioridade 9 para a prioridade 6, mantendo inalterada a sequência para as demais alternativas;
- a variação do peso dos critérios de $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$ para $C_{RES} = C_{VUL} = C_{QDF}$, alterou a posição das ADF da prioridade 6 até a prioridade 16, mantendo inalterada a posição da prioridade de N° 1 à 5 (Guapó, Caldazinha, Nova Veneza, Caturaí e Nerópolis) e da prioridade de N° 17 à 20 (Inhumas, Bonfinópolis, Bela Vista de Goiás e Hidrolândia);
- o igualamento dos valores de IQA do critério C_{QDF} , mantendo o peso $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$, resultou somente com a troca de posição entre Santo Antônio e Goiânia, para as prioridades de N° 13 e 15;
- o ranqueamento 5 com o igualamento dos valores de vulnerabilidade ambiental, mantendo o peso $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$, alterou a maioria da posição das ADF, mantendo inalteradas as posições das ADF de Guapó na prioridade 1, Brazabrantes na 16, Inhumas na 17 e Bonfinópolis na 18; e
- o ranqueamento 6 com o igualamento dos valores de restrição legal, mantendo o peso $C_{RES} = C_{VUL} = 5 C_{QDF}$, também alterou a maioria da posição das ADF, mantendo inalteradas as posições das ADF de Guapó na prioridade 1, Caldazinha na 2, Nova Veneza na 3 e Hidrolândia na 20.

Até aqui o ranqueamento 1 se mostrou como o predominante e portanto, considerado o ranqueamento de referência.

Foi ainda realizado uma nova AHP desconsiderando a restrição legal como critério de avaliação e sim como condição preliminar a qualquer tipo de análise, a qual deve ser atendida independente do tipo de julgamento que se fará, por se tratar de legislação.

Assim, a matriz de comparação paritária entre os critérios teve ordem 2 x 2, mantendo o $C_{VUL} = 5 \times C_{QDF}$. A nova matriz de critérios é apresentada no Quadro 28.

Quadro 28 - Matriz de Comparação Paritária e Vetor de Prioridades Locais dos critérios

CRITÉRIOS	Qualidade da Disposição Final (C _{QDF})	Vulnerabilidade Ambiental (C _{VUL})	AUTO VETOR (W)	Vetor de Prioridades Locais dos Critérios (T _C)
C _{QDF}	1,0	0,2	0,447214	0,166667
C _{VUL}	5,0	1,0	2,236068	0,833333
TOTAL			2,683282	1,000000

Fonte: Autor (2017)

As matrizes de comparação paritária dos critérios C_{QDF} e C_{VUL} tiveram os mesmos resultados apresentados respectivamente na Tabela 14 e Tabela 15, já que foram utilizados os mesmos valores apresentados nas colunas C_{QDF} e C_{VUL} da Tabela 13. Já a matriz de vetores de prioridades locais entre os critérios e prioridades globais apresentou alteração, já que agora só existem 2 critérios analisados, conforme pode ser visto na Tabela 18.

Tabela 18 - Matriz de vetores prioridades locais e globais

ALTERNATIVAS	Vetor Prioridades Locais das Alternativas segundo os Critérios		Vetor Prioridades Globais (T _G)
	T _{QDF}	T _{VUL}	
Abadia de Goiás	0,0637	0,0685	0,0677
Aparecida de Goiânia	0,0807	0,0411	0,0477
Aragoiânia	0,0290	0,0685	0,0619
Bela Vista de Goiás	0,0807	0,0411	0,0477
Bonfinópolis	0,0574	0,0411	0,0438
Brazabrantes	0,0333	0,0548	0,0512
Caldazinha	0,0255	0,0411	0,0385
Caturai	0,0432	0,0411	0,0415
Goianápolis	0,0467	0,0548	0,0534
Goiania	0,0673	0,0685	0,0683
Goianira	0,0340	0,0548	0,0513
Guapó	0,0205	0,0411	0,0377
Hidrolândia	0,0744	0,0685	0,0695
Inhumas	0,0453	0,0411	0,0418
Nerópolis	0,0453	0,0411	0,0418
Nova Veneza	0,0326	0,0411	0,0397
Santo Antônio de Goiás	0,0326	0,0411	0,0397
Senador Canedo	0,0829	0,0411	0,0481
Terezópolis de Goiás	0,0241	0,0685	0,0611
Trindade	0,0807	0,0411	0,0477
Vetor Prioridades Locais entre os Critérios (T_C)	0,1667	0,8333	1,0000

Fonte: Autor (2017)

Encontrado o vetor de prioridade globais da nova AHP para os dois critérios C_{QDF} e C_{VUL} , foi possível encontrar diferentes ranqueamentos, para diferentes condições, da mesma forma que foi feito para o Quadro 27.

O objetivo da realização de novas e diferentes AHP foi de confirmar o ranqueamento sugerido pelo Quadro 26 ou adotar o ranqueamento mais adequado e realístico para o processo decisório quanto a reabilitação das ADF de RSU da RMG.

Contudo antes do ordenamento de cada ADF pelo seu valor encontrado no vetor de prioridade globais (T_G), as ADF foram agrupadas em três classes de restrição, com a listagem das áreas restritas como mais prioritária de reabilitação, seguidas das áreas sujeitas à anuência, e por último, as áreas livres, como pode ser visto no Quadro 30.

Quadro 29 - Ranqueamentos das ADF de RSU da RMG com relação à prioridade de reabilitação ambiental obtidos em diferentes AHP a partir da variação do peso dos critérios C_{QDF} e C_{VUL} e valores das alternativas

Tipo de Áreas segundo a Classe de Restrição	Ordem de Prioridade	Ranqueamento 7 (CVUL=5xCQDF)	TG7	Ranqueamento 8 (CVUL=3xCQDF)	TG8	Ranqueamento 9 (CVUL=CQDF)	TG9	Ranqueamento 10 (CVUL=5xCQDF) e CQDF com IQA's iguais	TG10	Ranqueamento 11 (CVUL=5xCQDF) e CVUL iguais	TG11
Restritas	1	Guapó	0,0377	Guapó	0,0360	Guapó	0,0308	Guapó	0,0426	Guapó	0,0451
	2	Caldazinha	0,0385	Caldazinha	0,0372	Caldazinha	0,0333	Caldazinha	0,0426	Terezópolis de Goiás	0,0457
	3	Nova Veneza	0,0397	Nova Veneza	0,0390	Nova Veneza	0,0369	Nova Veneza	0,0426	Caldazinha	0,0459
	4	Caturai	0,0415	Santo Antônio de Goiás	0,0390	Caturai	0,0422	Caturai	0,0426	Aragoiânia	0,0465
	5	Nerópolis	0,0418	Caturai	0,0416	Nerópolis	0,0432	Nerópolis	0,0426	Nova Veneza	0,0471
	6	Aparecida de Goiânia	0,0477	Inhumas	0,0421	Goianira	0,0444	Aparecida de Goiânia	0,0426	Goianira	0,0473
	7	Trindade	0,0477	Nerópolis	0,0421	Terezópolis de Goiás	0,0463	Trindade	0,0426	Caturai	0,0489
	8	Senador Canedo	0,0481	Bonfinópolis	0,0452	Aragoiânia	0,0488	Senador Canedo	0,0426	Nerópolis	0,0492
	9	Goianira	0,0513	Brazabrantes	0,0494	Goianópolis	0,0507	Goianira	0,0540	Goianópolis	0,0494
	10	Goianópolis	0,0534	Goianira	0,0496	Aparecida de Goiânia	0,0609	Goianópolis	0,0540	Abadia de Goiás	0,0523
	11	Terezópolis de Goiás	0,0611	Aparecida de Goiânia	0,0510	Trindade	0,0609	Terezópolis de Goiás	0,0654	Goiania	0,0529
	12	Aragoiânia	0,0619	Bela Vista de Goiás	0,0510	Senador Canedo	0,0620	Aragoiânia	0,0654	Aparecida de Goiânia	0,0551
	13	Abadia de Goiás	0,0677	Trindade	0,0510	Abadia de Goiás	0,0661	Abadia de Goiás	0,0654	Trindade	0,0551
	14	Goiania	0,0683	Senador Canedo	0,0515	Goiania	0,0679	Goiania	0,0654	Senador Canedo	0,0555
Anuência	15	Santo Antônio de Goiás	0,0397	Goianópolis	0,0528	Santo Antônio de Goiás	0,0369	Santo Antônio de Goiás	0,0426	Santo Antônio de Goiás	0,0471
	16	Brazabrantes	0,0512	Terezópolis de Goiás	0,0574	Brazabrantes	0,0441	Brazabrantes	0,0540	Brazabrantes	0,0472
Livre	17	Inhumas	0,0418	Aragoiânia	0,0586	Inhumas	0,0432	Inhumas	0,0426	Inhumas	0,0492
	18	Bonfinópolis	0,0438	Abadia de Goiás	0,0673	Bonfinópolis	0,0492	Bonfinópolis	0,0426	Bonfinópolis	0,0512
	19	Bela Vista de Goiás	0,0477	Goiania	0,0682	Bela Vista de Goiás	0,0609	Bela Vista de Goiás	0,0426	Bela Vista de Goiás	0,0551
	20	Hidrolândia	0,0695	Hidrolândia	0,0700	Hidrolândia	0,0714	Hidrolândia	0,0654	Hidrolândia	0,0541

Legenda: Alternativas em **negrito** indicam alteração da posição no ranqueamento; alternativas em **negrito e itálico** indicam alteração de posição de uma alternativa com a mesma sequência para as demais

Fonte: Autor (2017)

Comparando o ranqueamento 1 encontrado no Quadro 26 com os ranqueamentos de nº 7 a 11 da AHP dos dois critérios C_{QDF} e C_{VUL} , apresentados no Quadro 29 observou que:

- todos os ranqueamentos colocaram a ADF de Guapó com a prioridade 1, a maioria considerou Caldazinha como prioridade 2, com exceção do ranqueamento 11, e Inhumas, Bonfinópolis, Bela Vista de Goiás e Hidrolândia nas prioridades 17, 18, 19 e 20, com exceção do ranqueamento 8;
- o ranqueamento 7 e 10 são praticamente iguais ao ranqueamento 1, com exceção do município de Goiânia que estava na prioridade 15 e foi para a 13, em virtude desta ADF estar localizada em área restrita quanto à proximidade de núcleos habitacionais e estar no interior do perímetro urbano, sendo mantida a mesma sequência posterior para as demais ADF;
- o ranqueamento 8 alterou a prioridade da maioria das ADF, conservando a prioridade 1, 2 e 3 para Guapó, Caldazinha e Nova Veneza, e a prioridade 20 para Hidrolândia;
- o ranqueamento 9 alterou as prioridades de 6 a 15 e conservou a mesma ordem para as mais prioritárias de 1 a 5 e as menos prioritárias de 16 a 20; e
- o ranqueamento 10 também alterou a maioria das prioridades das ADF, permanecendo inalterada a prioridade 1 para Guapó, e as prioridades de 16 a 20 para Brazabrantes, Inhumas, Bonfinópolis, Bela Vista de Goiás e Hidrolândia.

5.5.4.2 Tomada de decisão: prioridades globais adotadas

Após a realização da análise de sensibilidade com todas as possibilidades mais viáveis de variação dos tipos de critérios, dos seus pesos e dos valores de cada critério para as 20 ADF, e com as devidas discussões e justificativas apresentadas anteriormente foi escolhido o ranqueamento 7 apresentado no Quadro 29, como a melhor ordem de priorização das ADF de RSU da RMG quanto à necessidade de reabilitação ambiental.

No Quadro 30, portanto, se apresenta a ordem das ADF de RSU prioritárias de reabilitação na RMG.

Quadro 30 - Ordem de prioridade global adotada para as 20 ADF de RSU da RMG quanto à necessidade de reabilitação ambiental.

CLASSE DE ÁREAS SEGUNDO A RESTRIÇÃO LEGAL	ALTERNATIVAS	ORDEM DE PRIORIDADE
Restritas	Guapó	1
	Caldazinha	2
	Nova Veneza	3
	Caturai	4
	Nerópolis	5
	Aparecida de Goiânia	6
	Trindade	7
	Senador Canedo	8
	Goianira	9
	Goianápolis	10
	Terezópolis de Goiás	11
	Aragoiânia	12
	Abadia de Goiás	13
	Goiania	14
Sujeitas à anuência	Santo Antônio de Goiás	15
	Brazabrantes	16
Livres	Inhumas	17
	Bonfinópolis	18
	Bela Vista de Goiás	19
	Hidrolândia	20

Fonte: Autor (2017)

5.6 DECISÃO SOBRE O FUTURO DAS ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU DA RMG

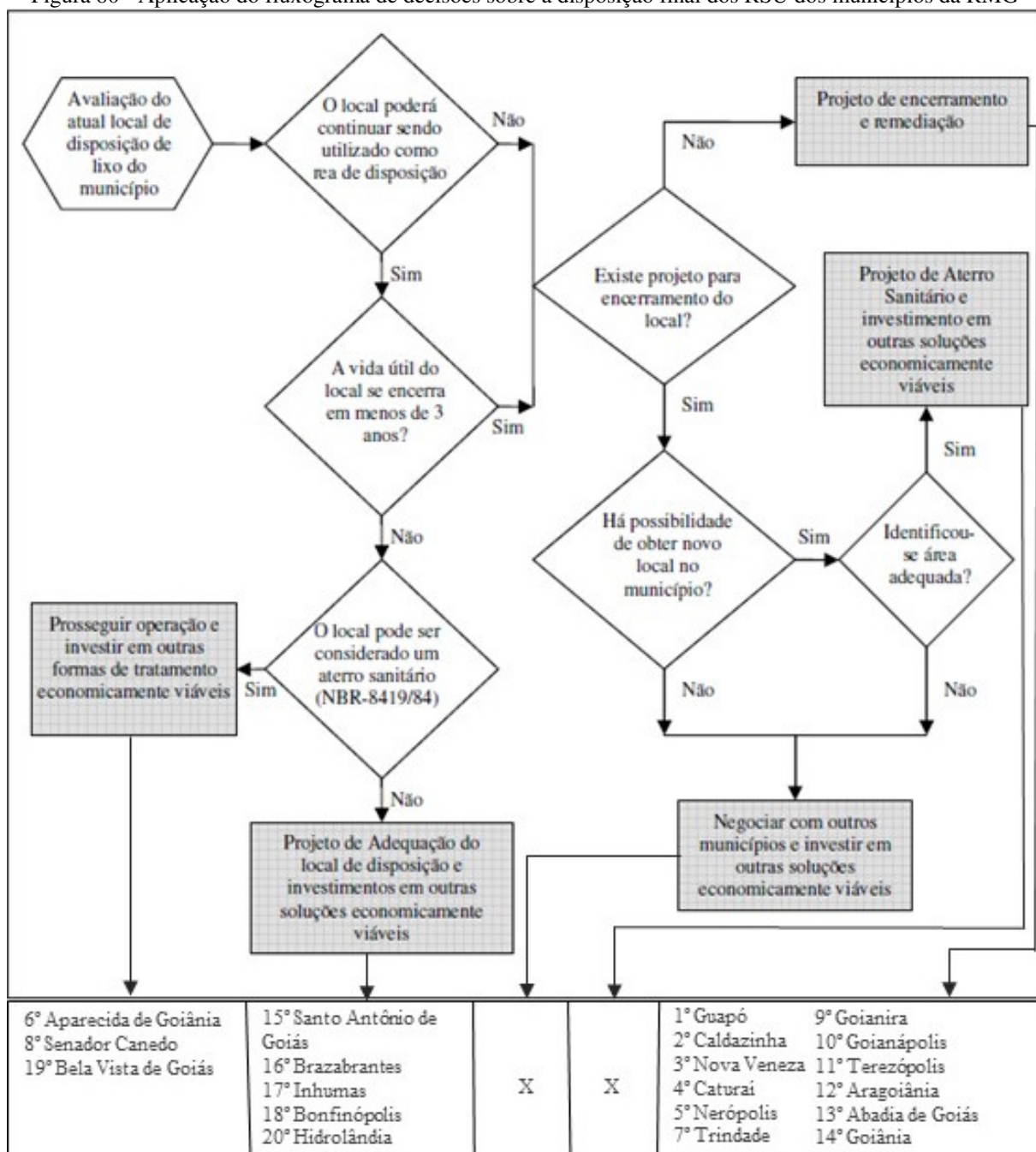
A decisão sobre o futuro da disposição final dos RSU da RMG foi estabelecido a partir:

- da aplicação do fluxograma de decisão do IPT/CEMPRE (2002);
- do estabelecimento de cenários possíveis para as ADF de RSU da RMG (Figura 81);
- da definição do cenário de cada município, em observação à realidade avaliada e as proposições do PERS-GO (SECIMA, 2015a); e
- da definição de metas para a consolidação dos cenários em cumprimento à hierarquia prioritária de reabilitação das ADF de RSU pelo método AHP (SAATY, 1977), do PLANARES (MMA, 2012) e das legislações vigentes.

5.6.1 Processo decisório acerca do futuro das áreas de disposição final de RSU

A aplicação do fluxograma do IPT/CEMPRE (2002) apresenta como solução do futuro das ADF de RSU as possibilidades apresentadas na Figura 80, após as três avaliações e a ordem de prioridade para reabilitação proposta anteriormente, adotadas como respostas a cada questionamento do fluxograma.

Figura 80 - Aplicação do fluxograma de decisões sobre a disposição final dos RSU dos municípios da RMG



Fonte: Autor (2017) adaptado de IPT/CEMPRE (2002).

Observando a Figura 80, foi possível identificar três saídas para a disposição final dos RSU da RMG:

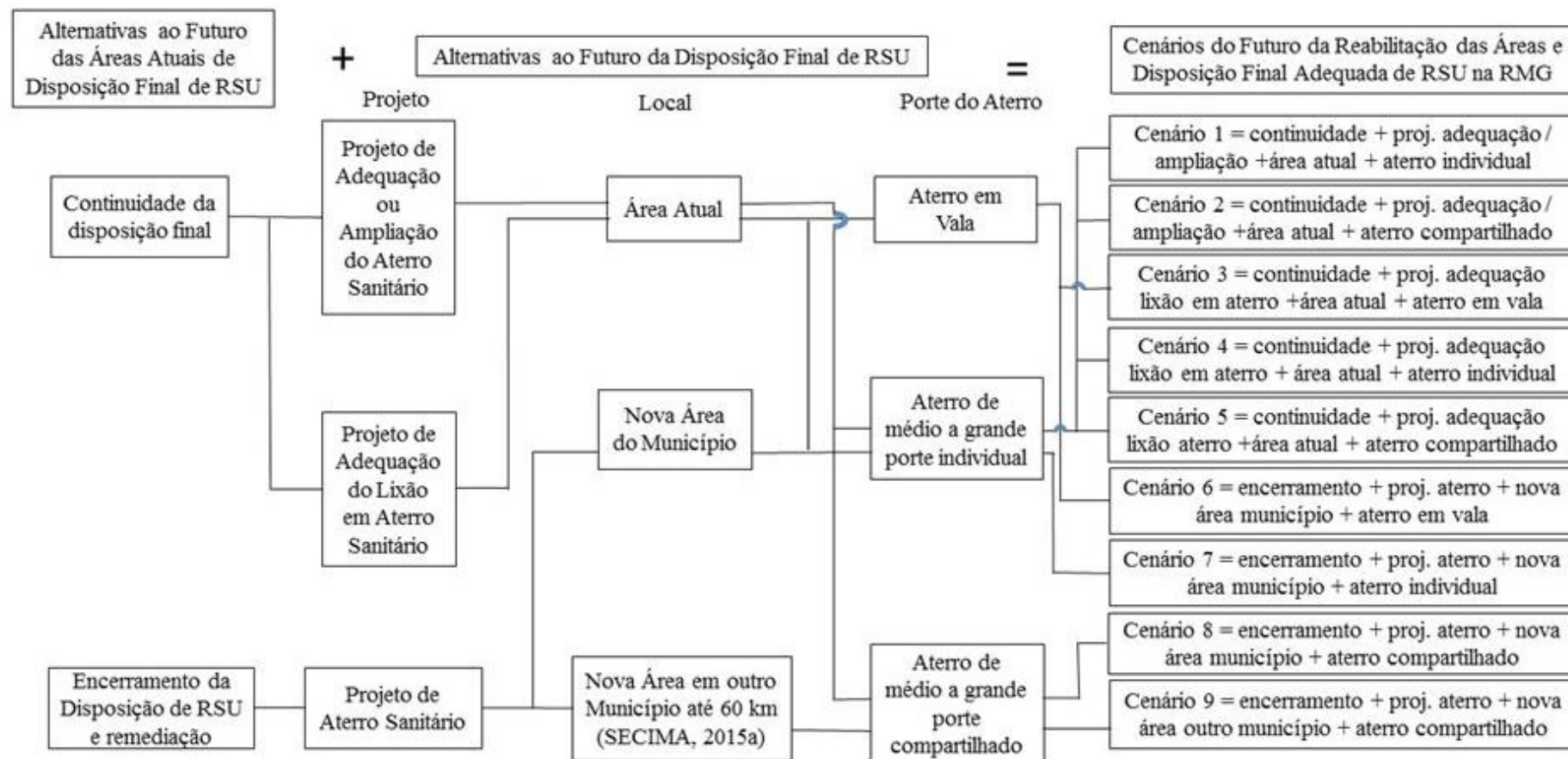
- Saída 1 – prosseguir operação e investir em outras formas de tratamento economicamente viáveis, indicada para os municípios de: Aparecida de Goiânia (Prioridade 6), Senador Canedo (Prioridade 8) e Bela Vista de Goiás (Prioridade 19) ;

- Saída 2 – projeto de adequação do local de disposição e investimentos em outras soluções economicamente viáveis, indicada para os municípios de: Abadia de Goiás (Prioridade 13), Brazabrantes (Prioridade 16), Inhumas (Prioridade 17), Bonfinópolis (Prioridade 18) e Hidrolândia (Prioridade 20); e
- Saída 5 – projeto de encerramento e remediação. indicada para a grande maioria dos municípios da RMG, tais como: Guapó (Prioridade 1), Caldazinha (Prioridade 2), Nova Veneza (Prioridade 3), Caturai (Prioridade 4), Nerópolis (Prioridade 5), Trindade (Prioridade 7), Goianira (Prioridade 9), Goianópolis (Prioridade 10), Terezópolis (Prioridade 11), Aragoiânia (Prioridade 12). Goiânia (Prioridade 14) e Santo Antônio de Goiás (Prioridade 15).

5.6.2 Cenários de reabilitação das áreas de disposição final adequada de RSU

A Figura 81 apresenta os possíveis cenários originados a partir do organograma de combinação das alternativas de destinação das áreas atuais e do futuro da disposição final dos RSU da RMG.

Figura 81 - Possíveis cenários de reabilitação das áreas de disposição final adequada de RSU na RMG com a combinação de alternativas



Fonte: Autor (2017)

5.6.3 Cenário possível indicado para cada ADF

No Quadro 31 se apresenta a indicação de cenário possível de reabilitação das ADF de RSU e do futuro da disposição final de RSU da RMG.

Quadro 31 – Indicação de cenário possível de reabilitação das ADF de RSU e o futuro da disposição final de RSU para cada município da RMG.

Município por Ordem Prioritária de Reabilitação	QDF	VUL	RES	Proposta do PERS-GO (SECIMA, 2015a)	Cenário Possível Sugerido
Guapó	I	MO	R	Cenário 9 (Trindade)	Cenário 6 (Vala) Cenário 8 (Aterro Privado em Guapó) Cenário 9 (Trindade)
Caldazinha	I	MO	R	Cenário 9 (Aparecida de Goiânia)	Cenário 6 (Vala) Cenário 9 (Bela Vista de Goiás)
Nova Veneza	I	MO	R	Cenário 9 (Anápolis)	Cenário 6 (Vala) Cenário 9 (Anápolis ou outro)
Caturai	I	MO	R	Cenário 9 (Trindade)	Cenário 6 (Vala) Cenário 9 (Trindade ou outro)
Nerópolis	I	BA	R	Cenário 9 (Anápolis)	Cenário 8 (outra área em Nerópolis) Cenário 9 (Anápolis ou outro)
Aparecida de Goiânia	A	MO	R	Cenário 2 (área atual)	Cenário 1 (Aparecida de Goiânia Individual) Cenário 2 (Aparecida de Goiânia Compartilhado) Cenário 8 (Aparecida de Goiânia nova área)
Trindade	A	BA	R	Cenário 2 (área atual)	Cenário 8 (outra área em Trindade)
Senador Canedo	A	MO	R	Cenário 1 (área atual e individual)	Cenário 1 (Senador Canedo) Cenário 9 (Bela Vista de Goiás ou outro município)
Goianira	I	BA	R	Cenário 9 (Trindade)	Cenário 9 (Trindade ou outro)
Goianópolis	I	BA	R	Cenário 9 (Anápolis)	Cenário 6 (Vala) Cenário 9 (Anápolis ou outro)
Terezópolis de Goiás	I	MB	R	Cenário 9 (Anápolis)	Cenário 9 (Anápolis ou outro)
Aragoiânia	I	MB	R	Cenário 9 (Aparecida de Goiânia)	Cenário 6 (Vala) Cenário 9 (Aterro Privado Guapó) Cenário 9 (Aparecida de Goiânia)
Abadia de Goiás	I	MB	R	Cenário 9 (Trindade)	Cenário 6 (Vala) Cenário 9 (Aterro Privado Guapó) Cenário 9 (Trindade)
Goiânia	I	MB	R	Cenário 2 (área atual)	Cenário 9 (outros municípios)
Santo Antônio de Goiás	I	BA	A	Cenário 9 (Trindade)	Cenário 3 (Vala) Cenário 9 (Trindade ou outro)
Brazabranes	I	BA	A	Cenário 9 (Trindade)	Cenário 3 (Vala) Cenário 9 (Trindade ou outro)
Inhumas	I	MO	L	Cenário 9 (Itaberaí)	Cenário 8 (Inhumas) Cenário 9 (Itaberaí)
Bonfinópolis	I	MO	L	Cenário 2 (área atual)	Cenário 3 (Vala) Cenário 5 (Bonfinópolis Compartilhado)
Bela Vista de Goiás	A	MO	L	Cenário 9 (Aparecida de Goiânia)	Cenário 2 (Bela Vista de Goiás Compartilhado)
Hidrolândia	I	MB	L	Cenário 9 (Trindade)	Cenário 1 (Hidrolândia Individual) Cenário 2 (Hidrolândia Compartilhado)

Legenda: QDF - qualidade da disposição final, VUL - vulnerabilidade ambiental da área, RES - tipo de área quanto à restrição legal de uso, I - inadequada, A - adequada, MO - moderada, BA - baixa, MB - muito baixa, R - restrita, A - anuência e L - livre.

Os cenários sugeridos mostraram a combinação das possibilidades sugeridas pelo PERS-GO de compartilhamento, pelas avaliações do presente estudo e pela realidade dos municípios com o surgimento de aterro privado e consórcios. Nesse contexto, o aterro por valas apresenta-se como uma opção viável para municípios com geração per capita até 10 toneladas por dia, como é o caso dos municípios de Abadia de Goiás, Aragoiânia, Bonfinópolis, Brazabrantes, Caldazinha, Caturai, Goianópolis, Guapó, Nova Veneza e Santo Antônio de Goiás, ou seja, 10 municípios dos 20, equivalente a 50% destes poderiam adotar essa tecnologia de forma barata.

É importante também deixar claro, que nem todo município possuirá ou deve possuir área de disposição final em seus limites. É preciso investigar a segurança ambiental de todas áreas. Em São Paulo, por exemplo, de 642 municípios, 216 municípios dispõe seus RSU em outras localidades, o equivalente a 33,64% (SMA/CETESB, 2014 2013). Com a proposição dos cenários de reabilitação para cada ADF, foram definidas metas para consolidação dos mesmos e que estão apresentados a seguir.

5.6.4 Metas para a consolidação dos cenários

Segundo a PNRS, até 1º de agosto de 2014, deveria ter sido implantada a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). No entanto, o PLANARES, estabeleceu metas para a reabilitação das áreas dos lixões (MMA, 2012). Isso significa que todas as ADF de RSU em condição inadequada já deveriam ter sido encerradas na RMG. Diante disso, foram estipuladas as seguintes metas:

- metas de reabilitação de áreas de lixões, conforme metas do PLANARES para a Região Centro-Oeste, sobre as 16 ADF em condição inadequada, mostradas no Quadro 32; e
- metas de construção de novo aterro, encerramento da atividade na área atual e reabilitação da área de Trindade por imediato e Aparecida de Goiânia e Senador Canedo até o prazo das licenças, visto serem aterros sanitários instalados, porém em áreas restritas.

Quadro 32 – Metas de reabilitação de áreas de lixões para a Região Centro-oeste, segundo o PLANARES

2019 (28%)	2023 (45%)	2027 (65%)	2031 (90%)	Após 2031
5 ADF	3 ADF	3 ADF	4 ADF	1 ADF

E por fim, no Quadro 33 se apresentam os prazos das metas de reabilitação para cada uma das ADF.

Quadro 33 – Prazo das metas para reabilitação das ADF de RSU na RMG

N	Município	Condição da disposição e restrição	Metas para Reabilitação das ADF
1	Guapó	disposição inadequada em área restrita	até 2019
2	Caldazinha	disposição inadequada em área restrita	até 2019
3	Nova Veneza	disposição inadequada em área restrita	até 2019
4	Caturai	disposição inadequada em área restrita	até 2019
5	Nerópolis	disposição inadequada em área restrita	até 2019
6	Aparecida de Goiânia	disposição adequada em área restrita	construção de aterro em nova área, encerramento na atual e remediação até 20/12/2022
7	Trindade	disposição adequada em área restrita	construção de aterro em nova área e remediação da atual com posterior encerramento
8	Senador Canedo	disposição adequada em área restrita	construção de aterro em nova área, encerramento na atual e remediação até 23/12/2020
9	Goianira	disposição inadequada em área restrita	até 2023
10	Goianápolis	disposição inadequada em área restrita	até 2023
11	Terezópolis de Goiás	disposição inadequada em área restrita	até 2023
12	Aragoiânia	disposição inadequada em área restrita	até 2027
13	Abadia de Goiás	disposição inadequada em área restrita	até 2027
14	Goiânia	disposição inadequada em área restrita	até 2027
15	Santo Antônio de Goiás	disposição inadequada em área sujeita a anuência	até 2031
16	Brazabrantes	disposição inadequada em área sujeita a anuência	até 2031
17	Inhumas	disposição inadequada em área livre	até 2031
18	Bonfinópolis	disposição inadequada em área livre	até 2031
19	Bela Vista de Goiás	disposição adequada em área livre	continua sendo operado como aterro sanitário
20	Hidrolândia	disposição inadequada em área livre	após 2031

Fonte: Autor (2017)

Essa ordem e cronograma visa o cumprimento do PLANARES. Na prática, outros fatores deverão ser levados em consideração como:

- a capacidade financeira do município,
- as Políticas Públicas Municipais, Estaduais e Federais,
- o surgimento de consórcios,
- a possibilidade de captação de recursos nacionais e internacionais,
- dentre outros.

O presente estudo concentrou-se na reabilitação das ADF atuais. Para se encontrar as melhores formas de disposição final é preciso fazer:

- estudo de consorciamento com estudo de viabilidade técnico-econômica de melhores rotas otimizadas com foco no compartilhamento entre os municípios num raio de 60 km, conforme Secima (2015), e
- estudo de seleção de áreas para novos aterros.

Vale lembrar também, que o tipo de técnica de reabilitação requer o estudo aprofundado caso a caso, de acordo com a especificidade de cada componente dos meios físicos, realização de sondagens, análises laboratoriais dos níveis de contaminação do solo e da água, dentre outras investigações.

6 CONCLUSÕES

A pesquisa mostrou que somente os municípios de Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Senador Canedo e Trindade possuem áreas de disposição final na condição de aterro sanitário. As demais áreas foram classificadas em condições inadequada, sejam por apresentarem disposição na condição tipicamente como lixão, seja para aquelas áreas que possuem melhores infraestruturas, até mesmo licença ambiental, porém operam em condições operacionais e de controle ambiental aquém das exigências legais e normativas.

A avaliação da qualidade de disposição final, por meio do uso de índices é bem mais confiável por se tratar de um método de análise multicriterial que reúne tantos aspectos normativos quanto exigências legais do que meramente inspeções visuais e simples *check-list* destes instrumentos. Assim, é possível avaliar se as áreas estão realmente em condições adequadas (como aterro sanitário) ou inadequadas (como lixão). A avaliação mostra que até mesmo as ADF com licenças vigentes muitas das vezes não se enquadram como aterros sanitários, por não utilizarem métodos de avaliação mais objetivos e multicriteriais como os índices de qualidade e sim procedimentos ainda que padronizados carregam grande subjetividade de um ou mais agentes de decisão dos Órgãos de Controle Ambiental.

A pesquisa mostra que a condição adequada de disposição final (aterro sanitário) não é suficiente para a permanência das atividades em áreas vulneráveis ou restritas legalmente, visto que por melhor que seja a técnica adotada ainda há a possibilidade de alto risco de contaminação e degradação devido às características intrínsecas da área ou por algum impeditivo legal, o qual reúne aspectos não só ambientais, mas econômicos, políticos e sociais os quais devem ser atendidos.

O uso de SIG torna possível a análise multicriterial das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos perante as características dos meios físico, biótico e antrópico, e dos diversos aspectos que norteiam a legislação e as normas técnicas para uma determinada região.

A Análise Hierárquica de Processos aplicada para reabilitação de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos comprovou que áreas, mesmo com instalações de aterros sanitários, são consideradas prioritárias de reabilitação quando instaladas tanto em áreas restritas legalmente e/ou em áreas com maior vulnerabilidade ambiental. Já aquelas áreas com disposição inadequada de RSU podem ser menos prioritárias de reabilitação caso estejam

instaladas em áreas livres ou com baixa vulnerabilidade, visto que o risco pode ser mitigado com a adequação do lixão em aterro sanitário no próprio local.

Assim, a AHP mostrou que os diferentes valores da qualidade da disposição final e os enquadramentos de ADF em condições como aterros sanitários ou lixão não são suficientes para ordenar o nível de prioridade de reabilitação destas áreas. É preciso investigar a vulnerabilidade ambiental destas áreas quanto ao risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, e as exigências legais quanto ao uso para a atividade de disposição final de RSU, visto que estes dois últimos critérios possuem um peso muito maior do ponto de vista da segurança ambiental de proteção destas áreas do que meramente a infraestrutura e condições operacionais da atividade em si.

O estudo não mostra que a avaliação da qualidade da disposição final por meio de todos os parâmetros de infraestrutura implantada e condições operacionais é dispensável na priorização de áreas quanto à necessidade de reabilitação, mas que antes da elaboração do projeto de instalação de um aterro e seu funcionamento, é preciso proceder uma adequada seleção de áreas com alto rigor investigativo da vulnerabilidade ambiental a que estas estão sujeitas, buscando áreas preferencialmente com muito baixa vulnerabilidade, e de forma que sejam escolhidas áreas livres de qualquer tipo de restrição ou impedimento legal quanto a este uso.

Para estabelecimento de processo decisório acerca da reabilitação de áreas de disposição final é preciso avaliar o máximo de critérios possíveis de avaliação, contemplando no mínimo aspectos do gerenciamento dos resíduos sólidos e a forma de disposição final nas áreas avaliadas, principalmente as características intrínsecas da mesma e os aspectos legais.

Por fim, a decisão sobre o futuro das ADF de RSU de uma região passa basicamente por dois caminhos: o encerramento ou continuidade da atividade. Dessa forma é indicado que:

- i. as áreas restritas legalmente e/ou com alta vulnerabilidade devem ter a atividade de disposição final encerrada e devem passar por remediação independente de ser um aterro sanitário ou um lixão;
- ii. as áreas sujeitas a anuência por parte dos Órgãos de Controle Ambiental, e com vulnerabilidade ambiental até o nível moderado, podem continuar a atividade de disposição final de resíduos sólidos desde que elaborado, aprovado e executado seu respectivo projeto de adequação da condição de lixão para aterro sanitário;

- iii. as áreas livres de restrição legal ou com baixa vulnerabilidade ambiental, que possuem lixões, podem continuar tendo disposição final de resíduos desde que elaborado, aprovado e executado respectivo projeto de adequação da condição de lixão para aterro sanitário; e
- iv. as áreas livres de restrição legal ou com baixa vulnerabilidade ambiental podem continuar sendo utilizadas para a disposição final de resíduos sólidos por aterros sanitários na forma atual ou sujeitos a possíveis melhorias.

A partir de investigações com a combinação de métodos multicriteriais, como o uso de índices de qualidade, de ferramenta SIG para análise ambiental e priorização de alternativas pela Análise Hierárquica de Processos é possível estabelecer uma ordem prioritária de reabilitação de áreas e decisão acerca do futuro destas áreas, estabelecendo assim um processo decisório de reabilitação de áreas de disposição final de RSU de uma determinada região.

Todas as dificuldades, de instalação de empreendimentos em áreas inapropriadas, implantação de infraestruturas deficitárias e as más condições operacionais encontradas, poderiam ter sido evitadas, se fossem tomadas decisões com aporte de recursos apoiados em métodos de análise multicriterial como os propostos neste trabalho, pois o uso de critérios multicriteriais de seleção garantem maior segurança, inclusive na qualidade da disposição final, visto que melhores condições do terreno favorecem a melhores controles operacionais e ambientais.

O presente estudo subsidia o governo, os operadores, gestores municipais e técnicos na tomada de decisão de forma estratégica para que as áreas não sejam abandonadas mas sejam reabilitadas para o uso como aterros sanitários, para outros usos ou simplesmente para o pleno cumprimento das funções ecológicas do local.

Recomenda-se que sejam realizados PRAD para as ADF a serem encerradas, com investigações mais precisas, quantificando o volume e os tipos de resíduos, e as características específicas do local, a fim de definir assim a melhor técnica de reabilitação disponível.

Recomenda-se que sejam realizados estudos de compartilhamento de aterros na RMG e entorno levando em consideração os critérios do PERS-GO, as condições de vulnerabilidade e restrição legal encontradas nesse trabalho, o qual possui dados mais precisos e ainda estudos de viabilidade econômica pra definição das melhores rotas tecnológicas de destinação final dos RSU da RMG.

Recomenda-se que sejam elaborados outros estudos que levem em consideração a avaliação das ADF de RSU considerando outros critérios de ordem econômica, financeira, social, política, dentre outros.

Assim, a pesquisa trouxe uma combinação de uma ferramenta multicriterial de apoio à decisão e demais ferramentas e critérios eficazes ao estabelecimento de uma proposta de processo decisório em relação à RAD pela atividade de disposição final de resíduos. A contribuição é vasta e aplicada a várias áreas do conhecimento no sentido de garantir o devido controle ambiental nas áreas em que acontecem a atual disposição final dos RSU da RMG.

7 REFERÊNCIAS

- ABEMA. Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente. *Relatório Final – Principais Agendas Priorizadas 2010-2014*. Brasília. 2014. 406 p. Disponível em: <http://www.abema.org.br/site/arquivos_anexo/RELATORIO_FINAL_AGENDASAMBIENT AISPRIORITARIAS02012015.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2016.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT Catálogo: NBR 8.849/195 cancelada em 15 jun. 2015*. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=7294>>. Acesso em 1 set. 2016.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.849/2010. Resíduos Sólidos Urbanos - Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Diretrizes para Localização, Projeto, Implantação, Operação e Encerramento*. 2010.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.495-1/2007 – Versão Corrigida 2:2009. Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares, Parte 1 – Projeto e Construção: NBR 15495-1*. Rio de Janeiro. 2007. 25 p.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10.007/2004. Amostragem de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro. 2004. 21 p.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10.004/2004. Resíduos Sólidos – Classificação*. 2004.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13.030/1999. Elaboração e Apresentação de Projeto de Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração*. Rio de Janeiro. 1999.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13.896/1997. Aterros de Resíduos Não-Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação*. Rio de Janeiro. 1997.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12.988/1993. Líquidos Livres – Verificação em Amostra de Resíduos*. Rio de Janeiro. 1993.
- _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 8.419/1992. Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos*. Rio de Janeiro. 1992.
- ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015*. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>>. Acesso em 1 set. 2016.
- ACHILLAS, C.; MOUSSIOPOULOS, N.; KARAGIANNIDIS, A.; BANIAS, G.; PERKOULIDIS, G. *The Use of Multi-Criteria Decision Analysis to Tackle Waste Management Problems: a Literature Review*. *Waste Management & Research*, 31(2): 115-129. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/234124427_The_use_of_multi-criteria_decision_analysis_to_tackle_waste_management_problems_A_literature_review>. Acesso em: 7jul. 2015.
- ACSELRAD, H. *Vulnerabilidade ambiental, processos e relações*. In : II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.nuredam.com.br/files/divulgacao/artigos/Vulnerabilidade%20Ambientais%20Proce%20ssos%20Rela%E7%F5es%20Henri%20Acselrad.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. *Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos*. Diálogos & Ciência-Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana, v. 3, n. 5, 2005. Disponível em: <http://www.ftc.br/revistafsa/upload/20-06-2005_11-50-14_linkan.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2015.

ALBERTIN, R. M.; MORAES, E.; DE ANGELIS NETO; G., DE ANGELIS; B. L. D.; SCHMIDT; C. A. P. *Avaliação da Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Cianorte, Paraná*. Tecno-Lógica-Revista do Depto. de Química e Física, do Depto. de Engenharias, Arquitetura e Ciências Agrárias, e do Mestrado em Tecnologia Ambiental, Mestrado em Sistemas e Processos Industriais. v. 15, n. 2, p. 53-61, 2011. Disponível em: <<http://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/1893>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

ALBUQUERQUE, H. R. *Guia de Água Subterrânea*. 2012. Disponível em <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>>. Acesso em 10 fev. 2017.

AMAMPA. Associação dos Municípios do Alto Meia Ponte e Adjacentes. *Portal da AMAMPA*. 2013. Disponível em: <<http://www.amampa.org.br/consorcio-amampa>>. Acesso em 12 fev 2017.

ANDRADE, T. C. C.; SERRA, J. C. V.; ANDRADE, A. B. *Aplicação de uma Ferramenta de Gestão Ambiental de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos*. Revista de Ciências Ambientais - RCA. Canoas. v. 7, n. 2, p. 45-56, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/viewFile/1292/1011>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

AR. Agência Rural - AgênciaGoiana de Desenvolvimento Rural e Fundiário. *Projeto de Revitalização do “Lixão” da Prefeitura Municipal de Bonfinópolis-Goiás*. Goiânia. 2010. Disponível em: Processo SEMARH Nº 2541/2010, de 1 mar. 2010, e 4845/2011, de 8 abr. 2011. Acesso em: 6 jan. 2017.

ARAGOIÂNIA. Prefeitura Municipal de Aragoiânia. Secretaria Municipal de Saúde e Saneamento. *Plano Municipal de Saneamento Básico*. Aragoiânia, Goiás. 238p. 2013.

AZEVEDO, G. O. D. *Por Menos Lixo: A minimização dos resíduos sólidos urbanos na cidade do Salvador/Bahia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 163 f. 2004.

BACANI, V. M., SAKAMOTO, A. Y., LUCHIARI, A., QUÊNEL, H. *Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados à Avaliação Da Fragilidade Ambiental de Bacia hidrográfica*. Mercator (Fortaleza), Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, Aug. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012015000200119&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 fev. 2016.

BAIRROS DE MACEIÓ. *Notícias da Cidade - Imagem do Aterro Sanitário de Maceió-AL*. Maceió, AL, 12 mar. 2010. Disponível em: <<http://www.bairrosdemaceio.net/site/index.php?Canal=Noticias%20da%20Cidade&Id=491>>. Acesso em: 2 abr. 2017.

BARROS, E. F. S. *Avaliação do Saneamento Ambiental em Assentamentos de Reforma Agrária utilizando o Método de Análise Hierárquica de Processos*. Dissertação. 2013. Goiânia. (MSc)-PPGEMA/UFG. 228 p.

BARROS, L. H. S. *Requalificação dos Aterros Desativados (Brownfields) no Município de São Paulo: Parques (Greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera*. Tese. 2011. São

Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. USP. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-31052012-103256/pt-br.php>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

BELA VISTA DE GOIÁS. Prefeitura Municipal de Bela Vista de Goiás. *Plano de Recuperação da Área Degradada por Resíduos Sólidos do Município de Bela Vista de Goiás*. Bela Vista de Goiás. 2015. Disponível em: Processo SECIMA Nº 18.260/2013. Consultado em: 6 jan. 2018.

_____. Prefeitura Municipal de Bela Vista de Goiás. *Projeto Básico Executivo do Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos do Município de Bela Vista de Goiás*. Bela Vista de Goiás. 2015. Disponível em: Processo SECIMA Nº 18.260/2013. Consultado em: 6 jan. 2018.

BELLEZONI, R.A.; IWAI, C. K.; ELIS, V.; PAGANINI, W. S.; HAMADA, J. *Investigação de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte do Estado de São Paulo e Aspectos Normativos*. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Anais...Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 8. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2012.

BIDONE, F.R.B.; POVINELLI, J. *Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos*. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos. 1999.

BONFINOPOLIS. Prefeitura Municipal de Bonfinópolis. *Plano de Controle Ambiental*. Bonfinópolis. 2016. Disponível em: Processo SEMARH Nº 2541/2010, de 1 mar. 2010, e 4845/2011, de 8 abr. 2011. Acesso em: 6 jan. 2017.

BRASIL. *Lei. 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 5 jun. 2015.

_____. *Lei. 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 5 jun. 2015.

BRASPROCESS. *Controle Ambiental através de Processos Térmicos-Flaire*. 2016. Disponível em: <<http://www.brasprocess.com.br/flares.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

BROWN, Lester. *Nova York: Capital Mundial do Lixo*. Universidade Livre da Mata Atlântica. 2009.

CALDAZINHA. Prefeitura Municipal de Caldazinha. *Plano Municipal de Saneamento Básico*. Caldazinha, Goiás. 221p. 2014.

CALDERANDO FILHO, B. et. al. *Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental do Médio Alto Curso do Rio Grande (RJ), Subsídios ao Planejamento de Paisagens Montanhosas da Serra do Mar*. INPE: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015. Disponível em <<http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.14.06.18>> Acesso em 7 fev. 2017.

CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001.

CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. *Renda e Evolução da Geração Per Capita de Resíduos Sólidos no Brasil*. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012. Disponível

em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n2/a06v17n2>>. Acesso: em 24 jun. 2016.

CAPOANE, V.; Tiecher, T.; Alvarez, J.W.R.R.; Pellegrini, A.; Schaefer, G.L.; Santos, L.J.C.; dos Santos, D.R. *Influência da Resolução do Modelo Digital de Elevação na Determinação do Índice Topográfico de Umidade e na Capacidade de Predição dos Teores Carbono Orgânico do Solo*. Revista Geo, 2015. Disponível em <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/13452/14664>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

CARMO JUNIOR, G. N. da R. Aterro Sanitário. 2012. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/AS-_Aula-9.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2017.

CARVALHO, E. H., PFEIFFER, S. C. *Plano de Recuperação para a Área Degradada pelo Lixão de Goianésia (GO)*. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-188.pdf>>. Acesso em 4 jul. 2016.

CARTER, J. *Health and Medical Care for Love Canal Area Residents – Statement on a Request to Congress for Appropriations*. October 24, 1980. In: Public Papers of the Presidents of the United States: Jimmy Carter, 1980-1981. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=PFnVAwAAQBAJ&pg=PA2430&lpg=PA2430&dq=Love+Canal,CARTER,+1980+700+families&source=bl&ots=MKz-D3rBtp&sig=Hu8Uh5pztZZo9d1VW1xKpbnM07I&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwitiYnzqc_TAhVKkpAKHblnA28Q6AEIUDAG#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 15 jan. 2017.

CATERPILLAR. *Trator de Esteiras D6T*. Imagem, 2017. Disponível em: <<http://br.viarural.com/construcao/escavadeiras-pas/caterpillar/tratores-de-esteiras-d6t.htm>>. Acesso em 30 jan. 17

CATURAÍ. Prefeitura Municipal de Caturaí. Processo de Licenciamento Prévio para Instalação do Aterro Sanitário Simplificado de Resíduos Sólidos Urbanos de Caturaí. 2010. Disponível em: Processo SECIMA No 17.996/2010. Acesso em: 6 jan. 2017.

CEMAM. Conselho Estadual do Meio Ambiente. *Resolução CEMAM Nº 5/2014. Dispõe sobre os procedimentos de Licenciamento Ambiental dos projetos de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, na modalidade Aterro Sanitário, nos municípios do Estado de Goiás*. 2014. Disponível em: <<http://www.secima.go.gov.br/post/ver/213113/resolucoes-2014>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Orientações ao IQR-Nova Proposta – Aterros Convencionais*. Enviado via e-mail por Cristiano KenjiIwai; – São Paulo: CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Orientações de Preenchimento do IQR-Nova Proposta*. São Paulo, 2016. 8 p Disponível em: <e-mail do Cristiano ciwai@sp.gov.br>. Acessado em: recebido em: 29 nov. 2016.

_____. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Inventario Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2014*. Coordenação Cristiano KenjiIwai, Maria Heloisa P. L. Assumpção; redação Maria Heloisa P. L. Assumpção, Cristiano KenjiIwai; equipe técnica Maria Heloisa P. L. Assumpção...[et al.] – São Paulo: CETESB, 2015. 126p. Disponível em: <<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2013/11/residuosSolidos2014.pdf>>. Acessado em: 24 jun. 2016.

_____. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Inventario Estadual de*

Resíduos Sólidos Urbanos 2013. Coordenação Cristiano KenjiIwai, Maria Heloisa P. L. Assumpção; 2013. redação Maria Heloisa P. L. Assumpção, Cristiano KenjiIwai; equipe técnica Maria Heloisa P. L. Assumpção...[et al.] – São Paulo: CETESB, 2014. 118 p. il. Color., PDF; 18 MB. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/residuos-solidos/residuosSolidos2013.pdf>> Acessado em: 25 jun. 2015.

_____. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Inventario Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2014*. Coordenação Cristiano KenjiIwai, Maria Heloisa P. L. Assumpção; redação Maria Heloisa P. L. Assumpção, Cristiano KenjiIwai; equipe técnica Maria Heloisa P. L. Assumpção...[et al.] – São Paulo: CETESB, 1998. 126p. Disponível em: <<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2013/11/residuosSolidos2014.pdf>>. Acessado em: 24 jun. 2016.

COMURG. Companhia de Urbanização de Goiânia. *Relatório de Controle e Pesagem de Resíduos do Aterro de Goiânia – 2004 a 2015*. Coordenadoria do Aterro Sanitário. Goiânia. 2016.

_____. Companhia de Urbanização de Goiânia. *Relatório das Atividades da Diretoria de Coleta de Resíduos*. Coord. Moura, Renata Gonçalves & Oliveira, Fabíola Adaianne. Goiânia. Set/2015. 2015. 64 p.

_____. Companhia de Urbanização de Goiânia. *Projeto de Adequação da Operação do Aterro Sanitário de Goiânia*. Coord. Moura, Renata Gonçalves & Oliveira, Fabíola Adaianne. Goiânia. Ago/2015. 2015. 40 p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA N. 428, de 17 de dezembro de 2010 – Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências*. Brasília. 2010. 4 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=641>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA N. 404, de 11 de novembro de 2008 – Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos*. Brasília. 2008. 3 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA N. 237, de 19 de dezembro de 1997 – Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental*. Brasília. 1997. 9 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA N. 001, de 23 de janeiro de 1986 – Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental*. Brasília. 1986. 4 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

CORREIA, L. S.; MOREIRA, Y. A. A.; TELES, L. T. *Estudo da Coleta Pública de Lixo Urbano em Trindade-Goiás*. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Biologia. Faculdade União de Goyazes – FUG. 2012. 17 p. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/10402841-Estudo-da-coleta-publica-de-lixo-urbano-em-trindade->

goias.html>. Acesso em: 4 jan. 2017.

COSTA, T. C. C.; FIDALGO, E. C. C.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.; ZARONI, M. J.; UZEDA, M. C. *Vulnerabilidade de sub-bacias hidrográficas por meio da equação universal de perda de solo e da integração de parâmetros morfológicos, topográficos, hidrológicos e de uso/cobertura da terra no estado do Rio de Janeiro: Ambi-Agua*, Taubaté, 2009.

CTMGEO. *SIG WEB CTMGEO*. Imagem. 2017. Disponível em <<http://www.ctmgeo.com.br/softwares-servicos.php?id=3>>. Acesso em 22 fev. 2017.

CTR-PE. Central de Tratamento de Resíduos - Pernambuco. *Estação de Tratamento de Efluentes*. 2017. Disponível em: <<http://www.ctrpe.com.br/site/>>. Acesso em: 2 abr. 2017.

DAMAME, D. B. *Vulnerabilidade ambiental e atributos do solo nas sub Bacias do Rio das Pedras e Baixo Anhumas*. PUC-Campinas, 2016. Disponível em <<http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/138>> Acesso em fev. 2017.

DANIEL, D. E.. *Geotechnical Practices for Waste Disposal*. Springer Science+Business Media, B.V.. 1996. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=jU7tBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=SOLID+WASTE+MANAGEMENT+EPA+BOOKLET&ots=LZo8Qu8uKi&sig=q8wVCELoK3zfTofffGXjL9X0op0#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em 30 jan 2017.

DANTAS, K. M. C. *Proposição e Avaliação de Sistemas de Gestão Ambiental Integrada de Resíduos Sólidos através de Indicadores em Municípios do Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. 401p. Disponível em: <http://www.getres.ufrj.br/pdf/DANTAS_KMC_08_t_D_int.pdf>. Acesso em 07 fev. 2016.

DANTAS, P. *Hidrografia – Águas Subterrâneas*. Notas de Aulas de Geografia. Colégio Integrado Americano. 2013. 20 sl. Disponível em <<http://www.slideshare.net/paulodantas5030/aula-7-hidrografia>>. Acesso em 22 fev. 2017

DBO ENGENHARIA. *Central de Gerenciamento de Resíduos (CGR) – Aparecida de Goiânia – Goiás – Volume III – Plano de Gestão Ambiental (PGA) do Aterro Sanitário Classe II*. DBO Engenharia LTDA. Goiânia, 186 p. ago. 2013a. Disponível em: <<http://go.rap.gov.br/aterro-sanitario-de-aparecida-de-goiania/>>. Acesso em 12 fev. 2017.

_____. *Central de Gerenciamento de Resíduos (CGR) – Aparecida de Goiânia – Goiás – Volume II – Projeto Básico Executivo - Aterro Sanitário Classe II*. DBO Engenharia LTDA. Goiânia, 179 p. ago. 2013b. Disponível em: <<http://go.rap.gov.br/aterro-sanitario-de-aparecida-de-goiania/>>. Acesso em 12 fev. 2017.

_____. *Ampliação do Aterro Sanitário de Goiânia: Plano de Gestão Ambiental - PGA*. DBO Engenharia LTDA. Goiânia, set, 2008.

_____. *Relatório de Monitoramento e Acompanhamento do Aterro Sanitário de Goiânia*. Goiânia, 2007.

_____. *Projeto da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Senador Canedo*. Senador Canedo, abr. 2006. 97 p.

DEUS, A. B. S.; LUCA, S. J.; CLARKE, R. T. *Índice de Impacto dos Resíduos Sólidos Urbanos na Saúde Pública (IIRSP): Metodologia e Aplicação*. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 9 – Nº 4 – out/dez 2004, 329-334. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v9n4/v9n4a09.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2016.

DONHA A. G.; SOUZA L. C. P.; SUGAMOSTO M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 2006.

DUTRA, B.; SILVA, E. *Uma Abordagem Multicritério à Gestão de Resíduos Sólidos na Ilha Terceira*. In: 1º Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde. Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional (APDR). Cidade da Praia. Cabo Verde. 2009. Disponível em: <<http://www.apdr.pt/congresso/2009/pdf/Sess%C3%A3o%204/71A.pdf>>. Acesso em 5 jul. 2016.

ECODEBATE. *Aterro Sanitário transformado em reserva natural atrai turistas em Cingapura*, 31 ago. 2011. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2011/08/31/aterro-sanitario-tranformado-em-reserva-natural-atrai-turistas-em-cingapura/>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

EMPIA. Empresa de Projetos Industriais e Ambientais Ltda. *Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS)*. Prefeitura Municipal de Guapó. Guapó. 2014. 160 p.

EPA. Environmental Protection Agency. *The Love Canal Tragedy*. Disponível em: <<https://archive.epa.gov/epa/aboutepa/love-canal-tragedy.html>>. Acesso em 28 fev. 2017.

EQUILIBRIO. Equilíbrio Ambiental Ltda. *Relatório de Monitoramento Ambiental do Aterro Sanitário de Hidrolândia*. Hidrolândia, 15 p. 30 set. 2013. Disponível em: Processos SECIMA N. 4266/2009, 3080/2011 e 19146/2012. Acesso em: 6 jan. 2017.

EUROSTAT. Serviço Estatístico da União Européia. *Sustainable Development in the European Union – 2015 Monitoring Report of the EU Sustainable Development Strategy*. Luxemburgo, 356 p. 2015. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/6975281/KS-GT-15-001-EN-N.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

FARIA, F. S. *Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos-IQA*. 2002. Dissertação. 2002 (MSc)-COPPE/UFRJ. 312 p. Disponível em:<http://www.getres.ufrj.br/pdf/FARIA_FS_02_t_M_int.pdf>. Acesso em: 10dez. 2015.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Situação de Tratamento e/ou Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos de Minas Gerais 2012*. Belo Horizonte: FEAM, 2012. 1 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/Flavia/areas_degradadas.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2017.

_____. Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos* / Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro. – Belo Horizonte: FEAM, 2010. 36 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/Flavia/areas_degradadas.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2016.

_____. Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário*/ Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, 2006. 19 p. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Aterro2.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2016.

FERREIRA, E. M.; CRUVINEL, K. A. S.; COSTA, E. S. *Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos: Diagnóstico da Gestão do Município de Santo Antônio de Goiás*. Revista Monografias Ambientais – REMOA, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, v. 14, n. 3, maio-ago. 2014, p. 3401-3411.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem Complicação*. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento*. 3 ed. rev. Brasília: Funasa, 2004. 408 p.

GAIA. Gaia Engenharia e Assessoria Ambiental LTDA. *Projetos da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos – CTRSU / Aterro Sanitário. Projeto I -Plano de Recuperação de Área Degradada. Projeto II – Projeto Executivo do Aterro Sanitário. Projeto III – Plano de Controle Ambiental da CTRSU*. Abadia de Goiás. Jun. 2014.

GALDINO, S., WEILL, M. de A. M. *Estimativa do fator topográfico (LS) da RUSLE para a bacia do alto Taquari – MS/MT, utilizando algoritmo do ângulo de inclinação limite para erosão/deposição*. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0942.pdf>>. Acesso em 3 fev. de 2017.

GANDARA, J. B. F. *Projeto de Ampliação e Melhoria do Aterro Controlado do Município de Hidrolândia-GO. Memorial Descritivo da Sondagem para Determinação da Profundidade do Lençol Freático*. Hidrolândia, 6 dez. 2006. 9 p.

GESSLER, P.E.; Moore, I.D., McKenzie N.J., Ryan P.J. *Soil-landscape modelling and spatial prediction of soil attributes*. International Journal of GIS, 9 (4): 421-432, 1995.

GOIAS (Estado). *Lei Complementar Nº 78, de 25 de março de 2010*. Cria a Região Metropolitana de Goiânia. 2010. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=9457>. Acesso em: 10 fev. 2016.

GOIAS. GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS. *Lei Nº 14.248, de 29 de julho de 2002*. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2002/lei_14248.htm>. Acesso em: 28 fev. 2017.

GOOGLE. *Google Earth*. 2016.

GUIGUER, N., KOHNKE, M. W. Métodos Para Determinação Da Vulnerabilidade De Aquíferos. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, 2002. Disponível em <<file:///C:/Users/natalia-cl/Documents/Natalia/Diogenes/Base%20para%20Teroria/22314-80539-1-PB.PDF>> Acesso em 5 fev. 2017.

HAMADA, J. *Chorume e Biogás de Aterros Sanitários*. Notas de Aula adaptadas por Sandro Donnini Mancini. UNESP. Curso de Engenharia Ambiental. Sorocaba. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbienta/SandroD.Mancini/chorume-biogas.PDF>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. *Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Perfil dos Municípios Brasileiros. 2013*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013/>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas Populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros para o Ano de 2015*. 2015.

Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: 22 jun. 2016.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades@*. 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

IMB. Instituto Mauro Borges. *Perfil Sócioeconômico dos Municípios Goianos*. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/>>. Acesso em: 31 maio 2016.

_____. Instituto Mauro Borges. *Mapa de Localização da Região Metropolitana de Goiânia*. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013/>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. *Resíduos*. 2013. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Licenciamento/Residuos/index.htm?lang=>>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

INEAA. Instituto Nacional de Engenharia, Agronomia e Arquitetura. *Proposta de Recuperação de Área Degradada do Lixão de Terezópolis e Projeto do Aterro Controlado*. 2012. Disponível em: Processo N. 53010051819971, de 31/03/1997 e Processo N. 3282/2011, de 04/03/2011. Acesso em: 6 jan. 2017.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Apoio ao Projeto de Aterros Sanitários de Pequeno Porte (Cálculo de Excedente Hídrico)*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mma>>. Acesso em: 6 jan. 2017.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Governança Metropolitana no Brasil – Região Metropolitana de Goiânia. Relatório de Pesquisa 1.2 – Análise Comparativa das Funções Públicas de Interesse Comum*. Brasília, 2013. 113 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca_metropolitana/rmgoiania>. Acesso em: 20 jun. 2015.

_____. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos – Relatório de Pesquisa Brasil*. Brasília, 2012. 82 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2016.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. CEMPRE. Compromisso Empresarial para a Reciclagem. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. ProgramaBio Consciência. Fundação Banco do Brasil. Coord.: Maria Luiza Otero D’Almeida (IPT), Roberto Domenico Lajolo (IPT). André Vilhena (CEMPRE). 2. ed. cor. Brasília. 392 p. 28 cm. 2002.

_____. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. Coord: Niza Silva Jardim...et al.. 1ª ed. São Paulo, 1995.

JORNAL DA COMUNIDADE. *Construção do Aterro Sanitário nas Mãos do TCDF*. Brasília, DF. 15 fev. 2013. Disponível em: <<http://comunidade.maiscomunidade.com/conteudo/2013-02-15/opinioao/5342/CONSTRUCAO-DO-ATERRO--SANITARIO-NAS-MAOS-DO-TCDF.pnhtml>>. Acesso em: 2 abr. 2017.

JUCÁ, J. F. T. *Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil*. In: 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO’2003, Porto Alegre, 2003. 32 p.

KAO, J.J.; LIN, H. Y.; CHEN, W. Y. *Network Geographic Information System for Landfill Siting*. Waste management & research, v. 15, n. 3, p. 239-253, 1997.

- KEENEY, R. L., RAIFFA, H. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Values Tradeoffs*. Cambridge University Press. United Kingdom. 573 p. 1993. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1oEa-BiARWUC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Keeney+R.+e+Raiffa+H.,+1976.+Decisions+with+Multiple+Objectives:+Preferences+and+Value+Tradeoffs.&ots=cBFOU1rmZF&sig=2KvjHt1ouuKFio-PP3m0r_idN10#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 10 jul. 2016.
- LACERDA FILHO, J. V. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal*. Organizado por Joffre Valmório de Lacerda Filho, Abelson Rezende e Aurelene da Silva. 1:5000.000. Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Goiânia. Goiânia: CPRM, 1999. 200 p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/2418/Geol_Rec_Min_Go-DF.pdf?sequence=1>. Acesso em 6 jan. 2017.
- LIMA, J. D.; JUCÁ, J. F. T.; NOBREGA, C. C.; MARIANO, M. O. H.; CARVALHO JUNIOR, F. H.; LIMA, M. T. C. D. *Modelo de Apoio à Decisão para Alternativas Tecnológicas de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos na Região Nordeste do Brasil*. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 6. Nº 3, pag. 11-28, 6 dic. 2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/m579386/Downloads/43772-113653-1-PB.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2017.
- LIMA, J. D. *Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Seção Paraíba. João Pessoa. 267 p. 2001.
- LOGA. *Portal da Loga*. São Paulo, SP. 2016. Disponível em: <<http://www.loga.com.br>>. Acesso em: 23.jul. 2016
- LOTTE, R. G., ALMEIDA, C. M. de, VALERIANO, M. de M. *Aquisição do Índice de Saturação do Solo (TWI) para a Avaliação de Suscetibilidade a Movimentos de Massa na Região de São Sebastião-SP*. INPE: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa: 2015. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1570.pdf>> Acesso em 11 fev. 2017.
- LOUREIRO, S. M. *Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos-IQS*. Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <http://www.getres.ufrj.br/pdf/LOUREIRO_SM_05_t_M_int.pdf>. Acesso em 15 jun. 2015.
- LUCENA, L. F. L. *A Análise Multicriterial na Avaliação de Impactos Ambientais*. Encontro Eco-Instrumentos Econômicos e Políticas para a Gestão Ambiental, v. 3, 1999. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/i_en/mesa3/7.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- MADER, H.; FERREIRA, M. *Aterro é Inaugurado Hoje em Samambaia*. In: Blog do Edson Sombra. Por HELENA MADER-Correio Braziliense/Marcelo Ferreira/CB/D.A Press – 17 jan. 2017. Disponível em: <<http://www.edsonsombra.com.br/post/aterro-e-inaugurado-hoje-em-samambaia20170117>>. Acesso em: 20 fevereiro de 2017.
- MAGRINI, A., *Política e Gestão Ambiental: Conceitos e Instrumentos*, Revista Brasileira de Energia, Junho, pp. 135-147. Vol. 8. Nº 2. 2001.
- MARINHO, R. C.; OLIVEIRA, R. M. S. *Avaliação da Qualidade do Aterro Sanitário de Palmas-TO, Utilizando a Ferramenta Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos - IQA*. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades. V. 01, n. 05, 2013. pp. 123-141. Disponível em: <<file:///C:/Users/m579386/Downloads/518-1047-1-SM.pdf>>. Acesso em 15 dez. 2016.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S.. *O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais – Um Estudo de Caso*. XLI SBPO 2009 – Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento. 2009. pp. 1778-1788. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>>. Acesso em 2 jan. 2017.

MAHLER, C.F.; LOUREIRO, S. M. *Índice de Qualidade no Sistema de Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sol. Urbanos IQS*. In: Regeo 2007, 2007, Recife. VI Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. v. V.

_____. *Quality index in the environmental management system in urban solid waste landfills - IQS*. *Soils and Rocks*, 32(1), 39-45. 2009. Disponível em: <http://www.getres.ufrj.br/pdf/LOUREIRO_SM_05_t_M_int.pdf>. Acesso em 10 fev. 2016.

MATOS, T. V. da S. *Determinação de Áreas de Vulnerabilidade à Erosão Hídrica com Base na Equação Universal de Perda de Solo (USLE)*. Belo Horizonte, 2015. Disponível em <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1156M.PDF>> . Acesso em 11 fev. 2017.

MEDEIROS, J. S. de, CÂMARA, G. Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos: INPE, 2001.

MCDONOUGH, W. e BRAUNGART, M. *Towards a sustaining architecture for the 21st century: the promise of cradle-to-cradle design*. In: Industry and Environment, 2003. P. 13 - 16.

MINAS GERAIS (Estado). *Lei Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009*. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

MCIDADES. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS – Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos*. 2014. 154 p. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>>. Acesso em: 23 jul. 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. 106p. ago 2012. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657>. Acesso em: 23 jul. 2016.

MONTEIRO, R. C. *Vulnerabilidade e Perigo de Contaminação dos Aquíferos nas Subbacias do Alto Aguapeí e Alto Peixe – SP*. UNESP, Bauru, 2012. Disponível em <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92956/montero_rc_me_bauru.pdf?sequence=1>. Acesso em: 5 fev. de 2017.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS - MP-GO. *Disposição Final dos Resíduos Sólidos nos Municípios de Goiás*. 2012. Disponível em: <http://www.mpggo.mp.br/portalweb/hp/33/docs/disposicao_final_dos_residuos_solidos_nos_municipios_de_goias.pdf>. Acesso em 20 maio 2015.

NOGUEIRA, S. H. M. *Avaliação do Risco à Perda da Qualidade Ambiental do Aquífero Freático na Região Metropolitana de Goiânia*. Programa Pós-Graduação Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás. 2017. 76 p.

NOVA VENEZA. Prefeitura Municipal de Nova Veneza. *Projeto do Aterro Controlado de Resíduos Sólidos Urbanos de Nova Veneza*. 2012. Disponível em: Processo SECIMA Nº 10.816/2012. Acesso: em 6 jan. 2017.

- PAMPLONA, E. O. *Avaliação Qualitativa de Cost Drivers pelo Método AHP*. VI ABCustos. São Paulo, SP, julho de 1999. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Edson_Pamplona/publication/267225975_AVALIACA_O_QUALITATIVA_DE_COST_DRIVERS_PELo_METODO_AHP/links/544e8aff0cf26dda089015ba.pdf>. Acesso em 6 fev. 2017.
- PINTO, C. S. *Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 247 p.
- PONTA GROSSA AMBIENTAL. *Imagem de Aterro por Trincheira*. Palneira, PR. 2008. Disponível em: <<http://www.pgambiental.com.br/index.php?pag=aterro>>. Acesso em: 23.jul. 2016.
- PROGEM. ProgemConsultoria – Mineração e MeioAmbiente. *LaudoGeológico do AterroSanitário de Bonfinópolis*. Bonfinópolis. 2010. Disponível em: Processo SEMARH Nº 2541/2010, de 1 mar. 2010, e 4845/2011, de 8 abr. 2011. Acesso em: 6 jan. 2017.
- ReCESA. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. *Resíduos Sólidos – Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários / Guia do Profissional em Treinamento – Nível 2*. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. ReCESA-Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – NUCASE. Belo Horizonte, 2008. 120 p. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/RSU-POMA.2.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- REICHERT, G. A. *Manual – Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários*. 2007. 117 p. Disponível em: <<http://documentslide.com/documents/manual-aterro-sanitario-2007-geral-do-reichertpdf.html>>. Acesso em: 28 dez. 2016.
- REIS. Reis Serviços de Consultoria e Geologia Ltda. *Comprovante de Instalação dos Poços de Monitoramento-Aterro Sanitário Simplificado de Inhumas*. Inhumas. 7 dez 2011. Disponível em: Processo SECIMA N. 3613/2011. Acesso em: 6 jan. 2017.
- RESÍDUO ZERO. *Portal Resíduo Zero*. 2017. Disponível em: <<http://residuozero.com.br/ctrs/educacao-ambiental/implantacao-da-central-de-tratamento-de-residuos-solidos-de-guapo-esta-com-30-da-obra-concluida/>>. Acesso em 01 mar. 2017.
- RIO. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro*. 113 p. 2016. Disponível em: <http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis_consulta/53144Dec%2042605_2016.pdf>. Acesso em 13 abr. 2017.
- RUSSO, M. A. T. *Avaliação dos Processos de Transformação de Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro Sanitário*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia Civil. Universidade do Minho. 298 p. 2005. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7126/1/TESE%20PhD%20Versão%20Final.pdf>>. Acesso em 25 jun. 2015.
- SAATY, T. L. *A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures*. Journal of Mathematical Psychology. Volume 15, Issue 3, June 1977, Pag. 234-281. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022249677900335>>. Acesso em: 6 fev. 2017.
- SALGADO, M. P. G.; FORMAGGIO, A.R.; RUDORFF, B. F. T. *Modelos digitais de elevação aplicados ao cálculo do fator topográfico bidimensional*. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011.

Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0388.pdf>> . Acesso em 4 fev. de 2017.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. *Matriz de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos*. Engenharia Sanitária e Ambiental. V. 17 – Nº 2 – abr/jun 2012 – 203-212. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n2/a10v17n2>>. Acesso em 12 dez. 2016.

SANTOS, L. J. C., FIORI, C. O., CANALLI, N. E., FIORI, A. P., SILVEIRA, C. T. da, SILVA, J.M. F. *Mapeamento da Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná*. Revista Brasileira de Geociências, Volume 37 (4). Paraná: 2007. Disponível em <http://www.labs.ufpr.br/site/wp-content/uploads/2014/07/santos_artigoscompletos_rbgc_2007.pdf>. Acesso em 8 fev. 2017.

SANTOS, R. F. dos, organizadora. *Vulnerabilidade Ambiental*. Brasília: MMA, 2007.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de Impacto Ambiental – Conceitos e Métodos*. São Paulo, 2008. Ed. Oficina de Textos. 495 p.

SDU. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de Aparecida de Goiânia. *Plano Municipal de Saneamento – Resíduos Sólidos – de Aparecida de Goiânia – Goiás*. Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia. SDU. Diretoria de Resíduos Sólidos. Aparecida de Goiânia. 2014. 233 p. Disponível em: <<http://www.aparecida.go.gov.br/documentos/outros/PLANO%20MUNICIPAL%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2017.

SEA. Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro. *Secretaria do Ambiente Fecha Lixão Clandestino em Duque de Caxias*. Duque de Caxias, RJ. 19 abr. 2011. Disponível em: < <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=430161>>. Acesso em: 2 abr. 2017.

SEGPLAN-GO. Secretaria Estadual de Gestão e Planejamento de Goiás. *SIG do Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás*. Goiânia, 2014. 110 p. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acessado em: 27 jun. 2015.

SECIMA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás. *Sistema On-line de Consulta de Processos*. Goiânia, 2017. Disponível em: < http://www.intra.secima.go.gov.br/prodExterno/_pubconprocesso/>. Acesso em: 6 jan. 2017.

_____. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás. *Parecer Técnico NLICEN 1092/2016 – 20 dez. 2016. Processo Nº 4635/2016*. Goiânia, 4 p. dez 2016. Disponível em: <http://www.intra.secima.go.gov.br/prodExterno/_pubconprocesso/proc_historico.php?q=_178_HEic3Dd_ME/xap/M9BDym5sVIZ6gB92iSFOMk8XKZAPns1Uq62Vyb8F6Mwn1tLGPrQniiDGXuMEd3KQBSZFmkGLexUVZ_BnVec8h4uwy8rOpgQ3KqDYniVjECGQu8q8mNERqbDItp4hC3F4t1MHiMa0YpFP3hKVSYYOE=_>. Acesso em: 6 jan. 2017.

_____. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás. *Plano de Resíduos Sólidos do Estado de Goiás – Produto Final – Produto 10*. Goiânia, 497 p. dez. 2015. Disponível em: <<http://www.egov.go.gov.br/secima/plano-estadual-de-residuos-solidos-produto-final.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

_____. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás. *Nota Técnica - Aterros Sanitários Municipais. Listagem de aterros com licenciamento (dentro do prazo de validade) junto a esta SECIMA*. Goiânia, 2

p. 13 nov. 2015. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2015-11/nota-tecnica---aterros.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

_____. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura de Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás. *Relatório de Vistoria GRS-SUGEPA 095/2013 – Processo Nº 10.405/2013. Abadia de Goiás – GO*. 2013. Disponível em: <http://www.intra.secima.go.gov.br/prodExterno/arquivos_comuns/download.php?q=_OMnK7Rq4DbYq60574c16wJsfGH3NemrCC6yTWXLH2pqFWVlkYpr7wqNkufbU3Tlq24PpM8PQDKxSUwkcbHv3yi_wK2YbxqKIbISv_osfDf1r7kl/VSm47rHJT78sZrBeGN4CN7XLLE M_Nt4X_gVoBmMzIXlXorJ/G1w8rlQgA=>>. Acesso em: 8 jan. 2017.

_____. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura de Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás. *Relatório de Vistoria GRS-SUGEPA 068/2012 – Processo Nº 10.816/2012. Nova Veneza – GO*. 2013. Disponível em: <http://www.intra.secima.go.gov.br/prodExterno/arquivos_comuns/download.php?q=_Z0fKtFlaWBLWODoWxyGXDpCIAO5YRRBEACFqOIQuvkG47CxiEoV9wT7nJkHjaDmkS7I6sLczvuN9T7CRHH9vQ3XOBPaUbzAAH1if9rVpSFR6_0kAM8r_ODP4oGifM5LA->>. Acesso em: 6 jan. 2017.

SEMARH. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás. Governo do Estado de Goiás. *Relatório Técnico de Vistoria N. 15.886/2010*. Caturai. 2010. 2 p. Disponível em: Processo SECIMA Nº 17.996/2010. Acesso em: 6 jan. 2017.

_____. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás. Governo do Estado de Goiás. *Diagnóstico do Monitoramento dos Sistemas de Disposição do Lixo Urbano dos Municípios Goianos*. GRS. Goiânia. set. 2009. 47 p. Disponível em: <<http://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Portaria-n.-001-SEMARH-2009-Prazos-das-Licen%C3%A7as-Ambientais-em-Goi%C3%A1s.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2015.

_____. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás. Governo do Estado de Goiás. *Portaria Nº 001/2009 – Dispõe sobre os prazos de licenças ambientais no Estado de Goiás*. Goiânia. 8 jan. 2008. 11 p. Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/diagnostico_do_lixo_-_semarh.pdf>. Acesso em: 10 maio 2015.

SILVA, A. A., CASTRO, S. S. *Solos de Goiás. Estado Ambiental de Goiás: GeoGoiás*. UFG – Goiânia: 2002. Disponível em <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Solos_de_Goias_71851.pdf>. Acesso em 1 fev. de 2017.

SEIXAS, F. *Compactação do Solo devido a Mecanização Florestal: Causa, Efeito e Controle*. Circular Técnica IPEF, 1988.

SIQUEIRA, G. M. de. *Modelo Baseado na Lógica Fuzzy para a Avaliação do Potencial de Erosão dos Solos no Alto e Médio Curso da Bacia do Rio Macaé, RJ*. UERJ, Rio de Janeiro, 2012.

ITCO. Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro-Oeste. *Carta de Risco do Município de Goiânia – Mapa Geral*. Secretaria Municipal de Planejamento - SEPLAM. Prefeitura Municipal de Goiânia. Escala 1:50.000. Goiânia. março/2008. Disponível em:

<http://www.goiania.go.gov.br/download/aprovnet/Carta_Risco/modeloespacialdacartaderisco.jpg>. Acesso em: 5 jan. 2017.

_____. Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro-Oeste. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Município de Goiânia – Relatório Técnico*. Secretaria Municipal de Planejamento - SEPLAM. Prefeitura Municipal de Goiânia. Goiânia. março/2008. Disponível em: <http://www.goiania.go.gov.br/download/aprovnet/zee/zee_Relatorio_tecnico.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2017.

SHUELER, A. S.; MAHLER, C. F. *Sistema de Avaliação para Classificar Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos visando a Remediação e a Pós-Ocupação*. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 13 – Nº 3 – jul/set 2007, 149-254. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n3/a02v13n3.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2016.

SILVA, C. R. *Áreas Potenciais para o Aterro de Resíduo Sólidos Industriais Classe II A: O Caso do Município de Osório/RS*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 182 p. 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/32677>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

SILVA, R. P.; FERREIRA, O. M. *Aterro Sanitário de Aparecida de Goiânia, Medição da Vazão de Chorume*. TCC – Curso de Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. PUC-GO. Goiânia, 2005. 15 p. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/ATERRO%20SANIT%C3%81RIO%20DE%20APARECIDA%20DE%20GOI%C3%82NIA,.pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2016.

SMA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo; CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Procedimentos para Implantação de Aterro Sanitário em Valas*. p. 34. 2005. Disponível em: <<http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/Manual%20de%20aterros%20em%20valas%20CETESB.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2016.

_____. *Panorama dos Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo – Versão Preliminar*. p. 210. 2014. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2014/01/PANORAMA_RS_web.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2016.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos - 2015. Ministério das Cidades. 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

TALALAJ, I. A. *Assessment of Groundwater Quality Near the Landfill Site Using the Modified Water Quality Index*. *Environ Monitoring and Assessment*. Junho 2014, Volume 186, Issue 6, pp 3673-3683. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-014-3649-1>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

TALALAJ, I. A.; BIEDKA, P. *Use of the Landfill Water Pollution Index (LWPI) for Groundwater Quality Assessment Near the Landfill Sites*. *Environmental Science & Pollution Research*, September 2016, Volume 23, Issue 24, pp 24601-24613. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11356-016-7622-0>>. Acesso em: 4 dez. 2016.

TAMMEMAGI, H. *The Waste Crisis. Landfills, Incinerators, and the Search for a Sustainable Future*. New York. Oxford. Oxford University Press. 1999. 279 p.

TERRA. Terra Consultoria Ltda. *Relatório de Monitoramento Ambiental do Aterro Sanitário de Goiânia*. Goiânia. nov, 2015.

_____. Terra Consultoria Ltda. *Diagnóstico Ambiental da Área de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos de Aragoiânia*. Goiânia. 2010. Disponível em: Processo SECIMA Nº 19.297/2010. Acesso em: 6 jan. 2017.

TOMAZ, P. *Curso de Manejo de Águas Pluviais*, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo17_hidraulica.pdf>. Acesso em 1 fev. de 2017.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. *Resource Conservation and Recovery Act. 2001*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/inforesources/pubs/orientat/rom.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2015.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Disposição Final de Resíduos*. 2016. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/reciclagem-materiais-metalicos/pag3.php>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

VASILJEVIĆ, T. Z.; SRDJEVIĆ, Z.; BAJČETIĆ, R.; MILORADO, M. V. *GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: a Case Study from Serbia*. Environmental Management Journal, v. 49, n. 2, p. 445-458, 2012.

VEOLIA. *Operando um aterro sanitário modelo no Brasil*. Cidades – casos de sucesso. Imagem. 2017. Disponível em: <<http://www.veolia.com.br/operando-um-relleno-sanitario-modelo-no-brasil>>. Acesso em: 6 ago. 2017.

VIANNA, D. S. *Auxílio Multicritério à Decisão: Método AHP*. Notas de Aula. Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói – RJ, sem data, 32 slides. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/dalessandro/download/amd/AHP.pptx>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Washington: USDA, 1978.

WWT – Tecnologia em Tratamento de Água. *Relatório Técnico do Tratamento dos Lixiviados da Central de Tratamento de Resíduos CTE-Pernambuco*. Enviado via e-mail: <dartagnam@wwt.com.br>. 2012.

ZAMORANO, M.; GARRIDO, E.; MORENO, B.; PAOLINI, A.; RAMOS, A. *Environmental Diagnosis Methodology for Municipal Waste Landfills as a Tool for Planning and Decision-Making Process*. In: Sustainable Development and Planning II, Vol. 1. 2005. Available in: <<https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/84/15555>>. Access in: 15 dez. 2016.

8 ANEXOS

ANEXO I - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA				
Município:			Licença (Sim/Não):	
Data:			Técnico:	
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec. Inadequada/Insuf	5 0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5	
		Média	2	
		Alta	0	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	
		Próximo	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 200 m	3	
		Próximo	0	
	Profundidade do lençol freático	> 3 m	4	
		1 < h < 3 m	2	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	
		Insuficiente	2	
	Qualidade do material para recobrimento	Nenhum	0	
		Boa	2	
Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Ruim	0		
	Boas	3		
Isolamento visual da vizinhança	Regulares	2		
	Ruins	0		
Legalidade de localização	Boa	4		
	Ruim	0		
Sub-total 1	Loc. Permitido	5		
	Loc. Proibida	0		
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Máximo	40	
		Sim	2	
	Portaria/guarita	Não	0	
		Sim	1	
	Controle de recebimento de cargas	Não	0	
		Sim c/ balança	2	
	Acesso à frente de trabalho	Sim s/ balança	1	
		Não	0	
	Trator de esteiras ou compatível	Sim	2	
		Não	0	
	Outros equipamentos	Permanente	5	
		Periodicamente	2	
	Impermeabilização da base do aterro	Inexistente	0	
		Sim	1	
	Drenagem de chorume	Não	0	
		Suficiente	5	
		Insuficiente	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Inexistente	0	
		Suficiente	4	
		Insuficiente	2	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Inexistente	0	
		Suficiente	2	
		Insuficiente	1	
	Drenagem de gases	Inexistente	0	
		Suficiente	3	
		Insuficiente	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Inexistente	0	
		Suficiente	5	
	Monitoramento de águas subterrâneas	Insufic/Inexist.	0	
		Suficiente	3	
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Insuficiente	1	
		Inexistente	0	
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente	3	
		Insuficiente	1	
Atendimento a estipulações de projeto	Inexistente	0		
	Sim	2		
Sub-total 1	Parcialmente	1		
	Não	0		
Sub-total 1	Máximo	48		
CONDICÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Sim	0	
Recobrimento diário do lixo	Sim	4		
	Não	0		
Compactação do lixo	Adequada	4		
	Inadequada	2		
Presença de urubus-gaivotas	Inexistente	0		
	Não	1		
Presença de moscas em grande quantidade	Sim	0		
	Não	2		
Presença de queimadas	Sim	0		
	Não	1		
Presença de catadores	Sim	0		
	Não	3		
Presença de animais (bois, etc)	Sim/Proximidade	0		
	Não	3		
Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Sim	0		
	Não	3		
Descarga de resíduos industriais	Sim	0		
	Não/adequada	4		
Funcionamento da drenagem de chorume	Sim/Inadequada	0		
	Bom	3		
Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Regular	2		
	Inexistente	0		
Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2		
	Regular	1		
Funcionamento da drenagem de gases	Inexistente	0		
	Bom	2		
Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Regular	1		
	Inexistente	0		
Funcionamento do sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2		
	Regular	1		
Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Inexistente	0		
	Bom	2		
Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Regular	1		
	Inexistente	0		
Medidas corretivas	Bom/Desnec.	2		
	Sim/desnec.	2		
Dados gerais sobre o aterro	Não	0		
	Sim	1		
Manutenção dos acessos internos	Não/incompleto	0		
	Boas	2		
Plano de fechamento do aterro	Regulares	1		
	Péssimas	0		
Sub-total 3	Sim	1		
	Não	0		
Sub-total 3	Máximo	52		
Total (1+2+3)				
IQA = (Soma dos pontos/140) *10				
IQA				
0,00 a 6,00				
6,01 a 8,00				
8,01 a 10,00				
AVALIAÇÃO				
Condições Inadequadas				
Condições Controladas				
Condições Adequadas				

9 APÊNDICES

APÊNDICE I - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA (FARIA, 2002) APLICADO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA CONFORME RESOLUÇÃO CEMAM N. 5/2014, PARA MUNICÍPIOS ACIMA DE 100.000 HAB.									
Município:					População:				
Data:					Licença (Sim/Não):				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5		CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2				Não	0	
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5				Inadequada	2	
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 200 m	3			Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0				Sim	0	
	Profundidade do lençol freático	> 3 m	4			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,00 ≤ Δ < 3 m	2				Sim	0	
		< 1,00 m	0			Presença de queimadas	Não	1	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0	
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	
		Nenhum	0				Sim	0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Não	3	
		Ruim	0				Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3			Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4				Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5				Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	
	Sub-total 1	Máximo	40			Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Cercamento da área	Sim	2				Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Portaria/guarita	Sim	1			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	
		Sim s/ balança	1			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2				Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5				Regular	2	
		Periodicamente	2				Inexistente	0	
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1				Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5			Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Drenagem de chorume	Suficiente	5				Inexistente	0	
		Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom	2	
		Inexistente	0				Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4				Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Inexistente	0				Não	0	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	
		Inexistente	0			Manutenção dos acessos internos	Boas	2	
	Drenagem de gases	Suficiente	3				Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	
		Inexistente	0			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	
		Insufic/inexist.	0			Sub-total 3	Máximo	52	
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48						

APÊNDICE II - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA (FARIA, 2002) APLICADO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA CONFORME RESOLUÇÃO CEMAM N. 5/2014, PARA MUNICÍPIOS ABAIXO DE 100.000 HAB.									
Município:					População:				
Data:					Licença (Sim/Não):				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5		CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5				Não	0	
		Média	2			Compactação do lixo	Adequada	4	
		Alta	0				Inadequada	2	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5				Inexistente	0	
		Próximo	0			Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3				Sim	0	
		Próximo	0			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
	Profundidade do lençol freático	> 5 m	4				Sim	0	
		1,50 < Δ < 5 m	2				Não	1	
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Sim	0	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Não	3	
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Sim	0	
		Nenhum	0				Não	3	
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Sim/Proximidade	0	
		Ruim	0			Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3				Sim	0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA		Regulares	2			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	
		Ruins	0				Sim/Inadequada	0	
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
		Ruim	0				Regular	2	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5				Inexistente	0	
		Loc. Proibida	0			Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Sub-total 1	Máximo	40				Regular	1	
	Cercamento da área	Sim	2				Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
	Portaria/guarita	Sim	1				Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Sim s/ balança	1				Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
		Não	0				Regular	2	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5				Inexistente	0	
		Periodicamente	2			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
		Inexistente	0				Regular	1	
	Outros equipamentos	Sim	1				Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5				Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Drenagem de chorume	Suficiente	5			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom	2	
		Insuficiente	1				Regular	1	
		Inexistente	0				Inexistente	0	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Insuficiente	2				Não	0	
		Inexistente	0			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2				Não/incompleto	0	
		Insuficiente	1			Manutenção dos acessos internos	Boas	2	
		Inexistente	0				Regulares	1	
	Drenagem de gases	Suficiente	3				Péssimas	0	
		Insuficiente	1			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
		Inexistente	0				Não	0	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5			Sub-total 3	Máximo	52	
		Insufic/inexist.	0		Total (1+2+3)				Soma dos Pontos
		Suficiente	3		IQA = (Soma dos pontos/140) *10				Nota IQA
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	1		IQA				AVALIAÇÃO
		Insuficiente	1		0 a 8,00				Condições Inadequadas
		Inexistente	0		8,01 a 10,00				Condições Adequadas
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente/Desnec	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48						

APÊNDICE III

RELATÓRIO MODELO ELABORADO PARA CADA MUNICÍPIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA – CASO DE GOIÂNIA

MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

O município de Goiânia foi fundado em 24 de outubro de 1933 e abriga a capital do Estado de Goiás. Possui uma área total de 728.841 km² (IBGE, 2015a) e uma população estimada de 1.430.697 hab (IBGE, 2015b).

A visita foi realizada em 10 de março de 2016, acompanhada por representantes, técnicos e gestores, da Prefeitura Municipal de Goiânia e da Companhia de Urbanização de Goiânia (COMURG) que forneceram informações e acessos aos documentos do município e da ADF de RSU.

Características do Local

A ADF de RSU de Goiânia está localizada na Rodovia GO-060 (saída para Trindade), km 3, Chácara São Joaquim, Goiânia, Goiás, nas coordenadas geográficas latitude 16°38'46.09"S, longitude 49°21'55.53" O, como pode ser visto na Figura 82 (GOOGLE, 2016).

Figura 82 - Foto aérea da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos de Goiânia (2016)



Fonte: Google Earth (2016). Acesso em: 29dez.2016.

A área é utilizada para disposição final de resíduos sólidos desde 1983, sendo que em 1993 houve a recuperação da área degradada pela disposição anteriormente inadequada e a implantação do aterro sanitário (COMURG, 2015b).

O empreendimento possui uma área total de 451.033 m², onde são realizados os serviços de disposição final de RSU, co-disposição de RCC, transbordo de RSS para posterior tratamento e disposição dos RSS após o tratamento em autoclavagem, depósito de galhadas e compostagem de material miúdo de poda, sendo que o maciço solo-resíduos ocupa 263.250,51 m² (COMURG, 2015b).

O terreno apresenta capacidade de suporte adequada para receber a carga de resíduos depositado na área, visto que, segundo o modelo espacial da Carta de Risco de Goiânia, esse terreno apresenta alto risco à ocupação devido à atividade de disposição final de resíduos sólidos, no entanto, o solo da região é composto por latossolos vermelhos a vermelho amarelados, residuais ou não, localmente lateríticos e/ou litólicos (ITCO, 2008a), e que apresentam alta resistência mecânica (ITCO, 2008b). Foi observado ainda, que o terreno não apresenta fissuras ou nenhum tipo de erosão. Os monitoramentos realizados até o momento não demonstraram nenhum tipo de deformação no terreno ou indício de que venha a se romper.

Em 4 sondagens realizadas no terreno, em setembro de 2008, apresentaram profundidade do lençol freático a 1,7 a 7 m, e coeficiente de permeabilidade de $5,04 \times 10^{-4}$ a $6,92 \times 10^{-6}$ cm/s, cujo valor médio é cerca de $2,66 \times 10^{-4}$ cm/s, o que denota em uma permeabilidade média do solo (DBO ENGENHARIA, 2008).

A ADF está localizada a cerca de 400 m do Córrego Caveiras e 533 m do Córrego do Pouso, e a 260 m de unidades habitacionais de um bairro residencial.

Os RCC e os solos recebidos no aterro são utilizados como material de cobertura, o que demonstra a grande disponibilidade de material. No quesito qualidade, o material não encontra-se em boas condições por apresentar grande quantidade de RCC, material com grande volume de vazios que permite o escape de gases e a infiltração de águas pluviais.

O sistema viário de acesso ao aterro possui ótimas condições, com uma rua de pista única, de duplo sentido, asfaltada, que sai da rodovia GO-020 até as balanças.

O isolamento visual é ruim. Existe bastante área com vegetação, inclusive nativa, com árvores de grande porte, mas não configuram um cinturão verde, e principalmente pelo fato do maciço do aterro já estar com altura aproximada de 80 m, e portanto, bem visível por quem trafega e residente pela região, como pode ser visto na Figura 83.

O aterro não possui licença ambiental vigente. A última licença expirou em outubro de 2011, e não foi possível sua renovação em função em virtude da falta de adequações à ampliação do aterro e a passagem de 2 linhas de transmissão de energia elétrica de alta tensão no meio do terreno, como mostra a Figura 83.

Figura 83 - Linha de transmissão de energia elétrica de alta tensão passando no meio do terreno e maciço da ADF de RSU de Goiânia.



Na Figura 83 observa-se 2 maciços: o da esquerda e mais antigo, com aproximadamente 80 m de altura e que possui resíduos desde 1993, quando o antigo lixão foi recuperado à condição de aterro sanitário, e o da direita, mais recente, que recebe resíduos desde o ano de 2013. Com a retirada da rede, a instalação aumentará sua área útil ao permitir que os 2 maciços sejam interligados, desde que mantidos os monitoramentos ambientais, principalmente no que se refere à estabilidade geotécnica.

No entanto, mesmo não possuindo licença ambiental, o aterro possui uso do solo desde 1993, quando de sua implantação, o que garante a legalidade da localização.

Infraestrutura Implantada

A ADF de Goiânia possui cercamento, portaria com guarita, portão de acesso, escritório, vestiário, copa, banheiros, viveiro e auditório para ministração de palestras.

O aterro possui um posto de combustível e 2 balanças rodoviárias apresentados na Figura 84. As balanças são das marcas Saturno, modelo SBR-1, e Jundiaí, com capacidade para 40 t cada, e são aferidas e inspecionadas anualmente pelo Instituto Nacional de Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Nas balanças (Figura 84), é feito todo o controle, inspeção e registro das pesagens dos caminhões e dos resíduos. Dentre os resíduos recebidos em 2015, os RSD, varrição e capina quantificam mensalmente, em média, 41.294 t; RCC, 30.545 t; os RSS, 247 t (os quais são enviados à autoclavagem em área externa e retornam sob a forma de rejeitos); galhadas, 2.241 t e resíduos de grandes geradores 4.831 t, totalizando 79.158 t (COMURG, 2016).

Figura 84 – Estruturas de apoio: balança e posto de combustível na ADF de RSU de Goiânia



A frente de trabalho possui ótimo acesso aos caminhões e maquinários, como pode ser visto na Figura 85, em todas as épocas do ano, com manutenção constante.

Figura 85 – Descarga de resíduos e acesso dos caminhões à frente de trabalho na ADF de RSU de Goiânia



O aterro possui 3 tratores de esteira (tipo D-6), 2 pás carregadeira, 2 retroescavadeiras, 2 caminhões basculantes e 3 caminhões pipas, permanentes nas dependências do mesmo. Além do mais, sempre que há necessidade, e principalmente, em época chuvosa, são utilizados caminhões pipa para transporte do lixiviado após pré-tratamento nas lagoas para a Estação de

Tratamento de Efluentes (ETE) Dr. Hélio Seixo de Brito, denominada ETE-Goiânia, localizada a cerca de 15 km da ADF.

A impermeabilização da base foi executada com manta PEAD 2 mm, material recomendado pelas normas técnicas.

O maciço possui dreno de chorume em sua base, no formato espinha de peixe, e ao longo dos patamares, sendo abertos com retroescavadeira e interconectados entre si e entre os drenos verticais de gases. A drenagem do chorume se mostra suficiente, visto que não há escape para fora do maciço, e o mesmo é encaminhado para a estação de tratamento de efluentes (ETE) da ADF, apresentada na Figura 86.

A ETE é composto por um conjunto de 3 lagoas em série, sendo 2 lagoas anaeróbias (40 m x 80 m) e uma lagoa facultativa (50 m x 100 m), antecedidas por um medidor de vazão do tipo calha Parshall. Na estação seca, o chorume é recirculado. Quando a lagoa facultativa encontra-se cheia, o lixiviado é levado para a Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários de Goiânia – ETE Goiânia. Geralmente, de 10 a 14 caminhões pipas fazem o transporte na estação seca, e de 20 a 25, na época chuvosa.

Figura 86 – Lagoa anaeróbia da ETE da ADF de RSU e transporte de lixiviado para a ETE Goiânia por caminhão do tipo pipa.



A drenagem de águas pluviais definitiva é suficiente com instalações de drenos no entorno do maciço e ao longo dos taludes, expulsando a mesma para fora do maciço, apresentada na Figura 87a. Já a drenagem pluvial provisória, executada conforme a Figura 87b, se mostra insuficiente, visto que existe um grande incremento de água pluvial sobre o chorume, verificado nas medições da calha Parshall em época chuvosa. Outro fator, que comprova a necessidade de

melhoria dessa drenagem, é o fato da frente de operação apresentar uma área de grandes dimensões descobertas, superiores a 50 m de comprimento por 25 m de largura.

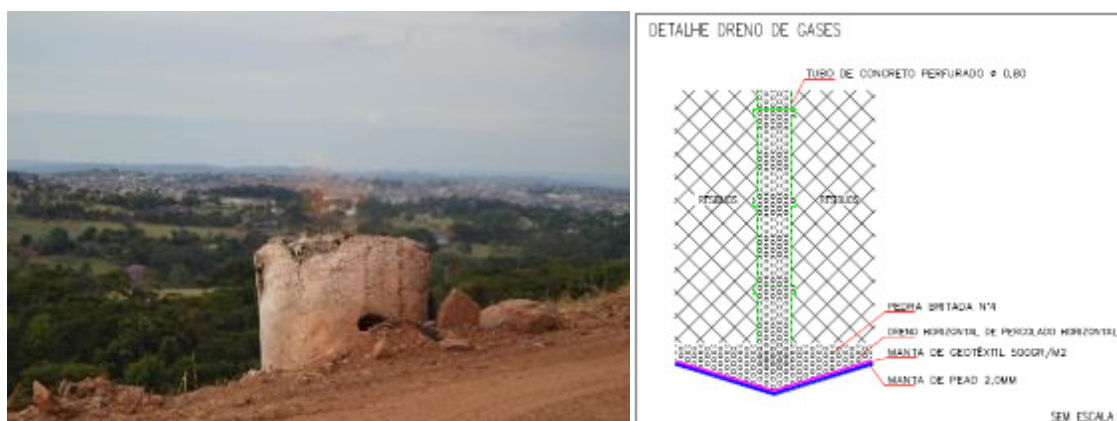
Figura 87 – Abertura de dreno provisório de águas pluviais na ADF de RSU de Goiânia.



Fonte: COMURG (2015).

Os drenos de gases são instalados no sentido vertical, à medida que o maciço vai sendo elevado, construídos de manilha de concreto de 80 cm de diâmetro, perfuradas para permitir a entrada de percolado e gases, preenchidos com brita nº 4 ou pedra marroada, cujo detalhamento pode ser visto na Figura 88. Existe um total de 44 drenos conforme concepção original, sendo 26 em total funcionamento. No fim dos drenos, acontece a queima controlada dos gases, conforme pode ser visto na Figura 88.

Figura 88 – Drenagem de gases e detalhamento dos drenos verticais na ADF de RSU de Goiânia



Fonte: Autor (2016) e COMURG (2015b).

No período de 2005 a 2008, além dos drenos de gases, o aterro também contou com a queimada controlada dos gases no *flare*, como pode ser visto na Figura 89. Contudo, em 2009, devido a necessidade de retaludamento e ampliação do maciço atual, foi necessário retirar os drenos de

PEAD inseridos em toda a superfície envoltória do aterro. Como os drenos não foram recolocados, o sistema parou de funcionar desde então.

Figura 89 – Flare desativado na ADF de RSU de Goiânia



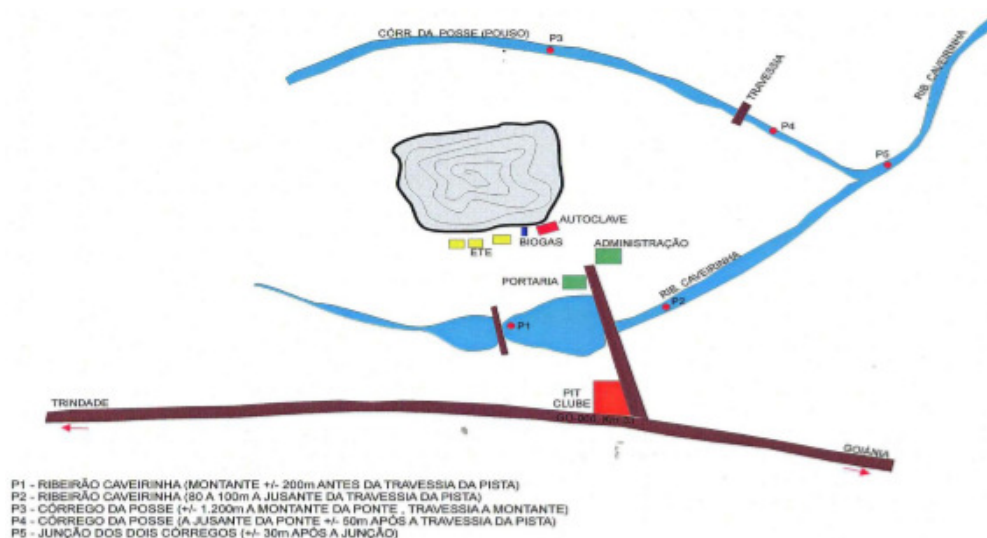
O sistema de monitoramento das águas subterrâneas atende tanto as normas técnicas quanto a legislação ambiental, possui 6 poços, excedendo o mínimo de 4 poços, conforme NBR 13.896/1997, e possui um Plano de Monitoramento prevendo medições a cada 6 meses dentro dos parâmetros definido pela Resolução CONAMA Nº 396/2008. O poço é de PVC, com revestimento do topo do tubo e protegido ao redor por manilha de concreto, conforme Figura 90.

Figura 90 – Poço de monitoramento de águas subterrâneas da ADF de RSU de Goiânia



O monitoramento das águas superficiais foi definido em 5 pontos dos 2 cursos d'água que circundam o aterro, o Córrego da Posse e o Córrego Caveiras (DBO ENGENHARIA, 2007), conforme pode ser visto na Figura 91.

Figura 91 – Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais da ADF de RSU de Goiânia.



Fonte: DBO ENGENHARIA (2007)

O monitoramento do lixiviado, conforme Programa de Monitoramento da ADF de RSU de Goiânia, deve atender os parâmetros da NBR 9898/1987, e coleta de amostras para análise acontece nos seguintes locais da ETE: antes da entrada da lagoa anaeróbia onde existe medição de vazão, em calha Parshall, apresentada na Figura 92; no final da lagoa anaeróbia 1, para medição da eficiência do tratamento anaeróbio; no final da lagoa anaeróbia 2, para medição da eficiência do tratamento até esse ponto; e no final da lagoa facultativa, para medição da eficiência final do tratamento.

Figura 92 – Medidor de vazão de lixiviado do tipo calha parshall na ADF de RSU de Goiânia.



Com relação ao monitoramento geotécnico é previsto o controle por meio de inspeção visual, marcos superficiais e piezômetros, porém não foi possível identificar os marcos superficiais.

Nem todas as estipulações do projeto são atendidas, como a disposição final de RCC realizada na área 2 da ampliação sem nenhum tipo de impermeabilização, já que existe uma presença grande de matéria orgânica no material disposto.

Condições Operacionais

Não foi encontrado elementos dispersos pelo vento pelo fato de que existe limpeza constante nas dependências da ADF.

Foi observado que é realizado o recobrimento diário dos resíduos, e a compactação destes é adequada visto que existe a presença de 1 a 3 tratores esteira por jornada, com peso acima de 15 t, com cerca de 6 passadas, com movimentação de baixo pra cima, configurando taludes com tamanho de 1V:3H.

A ADF não possui catadores em seu interior e nem presença de animais de criação. A presença de urubús é controlada com uso de foguetes, contudo existe grande atração de urubus devido a grande dimensão do maciço e da frente de trabalho, assim como de moscas.

Não foi encontrada queimadas, no momento da visita, porém há registro de incêndios que aconteceram na frente de trabalho, nos taludes do maciço e na área do entorno, os quais foram combatidos.

Não há disposição final de RSS, somente os rejeitos de RSS após autoclavagem em unidade externa à ADF. Há um controle para não entrada de resíduos industriais perigosos. São aceitos somente resíduos industriais não perigosos, similares aos RSD.

Quanto ao funcionamento da drenagem pluvial definitiva, existem algumas erosões nos taludes, ao lado dos drenos, o que denota falha nesse sistema. Assim como a drenagem provisória, que precisa ser melhorada.

As análises de lixiviado apresentam eficiência baixa da remoção da carga orgânica e uma grande persistência de nitrogênio amoniacal e metais pesados.

O sistema de monitoramento das águas subterrâneas funciona regularmente. Os poços estão conservados de forma que é possível fazer inspeção e coleta de amostras, contudo não há regularidade na coleta e análise das amostras, conforme o previsto.

O monitoramento dos lixiviados é realizado diariamente por meio do registro das vazões que entram no sistema de lagoas, porém as análises físico-químicas e bacteriológicas são realizadas somente quando da elaboração de relatórios e estudos requisitados pelo OCA. Da mesma forma acontece em relação às águas superficiais, aos gases e geotecnia do maciço.

Medidas corretivas são realizadas em caráter emergencial em detrimento do caráter preventivo que deveria operar as atividades.

A ADF conta com um total de 117 funcionários públicos (COMURG, 2015). Na administração do aterro há o registro das operações e os dados gerais do aterro. Contudo não medição clara da vida útil do aterro.

A COMURG não dispõe de um Plano de Fechamento do Aterro, com previsão de monitoramento pós-fechamento, investimentos e custos, e uso da área futura. Mas, existe uma previsão de mais 15 anos de vida útil (COMURG, 2015a), com a ampliação do maciço ao lado da área atual, uma área de 169.366 m² (COMURG, 2015b), conforme pode ser visto na Figura 93. No entanto, a ampliação precisa basicamente da relocação da linha de transmissão LT Inhumas-Eternit 69 KV, instalada ao centro da área de ampliação 1, e ainda a adequação da área para ampliação e o licenciamento ambiental.

Figura 93 – Foto aérea da ADF de RSU de Goiânia com previsão de ampliação por mais 15 anos (COMURG, 2015a).



Fonte: DBO ENGENHARIA (2008).

APÊNDICE IV

Quadro de considerações para pontuação adotada no preenchimento do IQA reativo ao subitem capacidade suporte do solo nas ADF de RSU da RMG

Município	Configuração do maciço	Altura ¹ (m)	Avaliação da Capacidade Suporte ²	Pontos
Abadia de Goiás	trincheira + superficial	< 3	desnecessária	5
Aparecida de Goiânia	trincheira + superficial	30	insuficiente. consistência média e compactidade média a alta, com relativa resistência à erosão (DBO ENGENHARIA, 2013).	0
Aragoiânia	espalhamento superficial	< 3	desnecessária	5
Bela Vista de Goiás	Trincheira	---	desnecessária	5
Bonfinópolis	trincheira	---	desnecessária	5
Brazabrantes	trincheira	---	desnecessária	5
Caldazinha	espalhamento superficial	< 2	desnecessária	5
Caturai	trincheira + superficial	< 4	desnecessária	5
Goianápolis	trincheira + superficial	< 5	desnecessária	5
Goiânia	superficial	80	insuficiente.alta susceptibilidade ao risco (ITCO, 2008b), além de não existir análises mais avançadas e confiáveis.	0
Goianira	trincheira + superficial	< 5	desnecessária	5
Guapó	espalhamento superficial	< 2	desnecessária	5
Hidrolândia	trincheira	---	desnecessária	5
Inhumas	trincheira + superficial	< 15	desnecessária	5
Nerópolis	trincheira + superficial	< 15	desnecessária	5
Nova Veneza	trincheira + superficial	< 5	desnecessária	5
Santo Antônio de Goiás	trincheira + espalhamento superficial	< 3	desnecessária	5
Senador Canedo	trincheira + superficial	>15	insuficiente	0
Terezópolis de Goiás	trincheira + espalhamento superficial	< 3	desnecessária	5
Trindade	trincheira + superficial	< 10	desnecessária	5

¹ - considerada apenas para a parte superficial, sendo a diferença entre o topo do maciço e o nível do solo. Dado obtido durante a visita técnica fornecida pelo operador ou responsável técnico.

²- foi considerada: - desnecessária a avaliação para maciços menores que 15 m ou do tipo trincheira;
 - insuficiente, para maciços maiores que 15 m cuja capacidade suporte não foi tecnicamente comprovada;
 - adequada, para maciços maiores que 15 m cuja capacidade suporte foi tecnicamente comprovada;
 - inadequada, para maciços maiores que 15 m cuja capacidade suporte não é recomendada para a disposição de resíduos (CETESB, 2016; REICHERT, 2007).

APÊNDICE V

Quadro de considerações para pontuação adotada no preenchimento do IQA relativas ao subitem permeabilidade do solo nas ADF de RSU da RMG

Município	Tipo de Solo		Pontuação Adotada
	Dado levantado em sondagem	Dado georreferenciado ¹	
Abadia de Goiás	latossolo vermelho-amarelado, com marcante teor de silte e argila, e que apresenta-se homogêneo e espesso por toda a área, permeabilidade baixa (GAIA, 2004)	Latossolo	2
Aparecida de Goiânia	5,05 x 10-5 cm/s (DBO ENGENHARIA, 2013)	Cambissolo	2
Aragoiânia	---	Latossolo	2
Bela Vista de Goiás	---	Latossolo	2
Bonfinópolis	---	Cambissolo	2
Brazabrantes	---	Latossolo	2
Caldazinha	---	Cambissolo	2
Caturai	---	Latossolo	2
Goianápolis	---	Latossolo	2
Goiânia	coeficiente de permeabilidade de 5,04 x 10-4 a 6,92 x 10-6 cm/s (DBO ENGENHARIA, 2008), cujo valor médio é cerca de 2,66 x 10-4 cm/s, o que denota em uma permeabilidade alta do solo, segundo Faria (2002).	Latossolo	0
Goianira	---	Latossolo	2
Guapó	---	Latossolo	2
Hidrolândia	Os solos predominantes são: Cambissolo distrófico e eutrófico e, Latossolo vermelho-escuro. (GANDARA, 2006).	Latossolo	2
Inhumas	---	Latossolo	2
Nerópolis	---	Latossolo	2
Nova Veneza	Latossolo Vermelho (NOVA VENEZA, 2012)	Cambissolo	2
Santo Antônio de Goiás	---	Latossolo	2
Senador Canedo	6,91 x 10-6 (DBO ENGENHARIA, 2006)	Cambissolo	5
Terezópolis de Goiás	0,50 x 10-2 cm/s (INEAA, 2012)	Latossolo	0
Trindade	---	Latossolo	2
1-segundo Mapa de Solos da RMG, baseado nos valores de Tomaz (2010), considerando permeabilidade do latossolo igual a 3,47 x 10-5 cm/s e cambissolo igual a 8,10 x 10-5 cm/s, ambos valores considerados com média permeabilidade, segundo avaliação do IQA por Faria (2002).			

APÊNDICE VI

Quadro de considerações para pontuação adotada no preenchimento do IQA relativas aos subitens distância de núcleos habitacionais e corpos d'água nas ADF de RSU da RMG

Município	Dist. referenciadas em outras fontes		Dist. georreferenciadas (km)		Pontuação Adotada ²	
	Núcleos Hab.	Corpos D'água	Hab. ¹	Água	Hab.	Água
Abadia de Goiás	condomínio de chácaras a 800 m (SECIMA, 2013)	> 600 m (SECIMA, 2013)	0,89	0,70	5	3
Aparecida de Goiânia	---	> 200 m (DBO ENGENHARIA, 2013)	1,63	0,47	5	3
Aragoiânia	---	> 400 m (TERRA, 2010)	2,20	0,60	5	3
Bela Vista de Goiás	Residências < 200 m (GOOGLE EARTH, 2016)	> 300 m (BELA VISTA DE GOIAS, 2015b)	4,49	0,75	0	3
Bonfinópolis	6,5 km da cidade (AR, 2010)	1 km (AR, 2010)	4,40	0,45	5	3
Brazabrantes	---	---	2,04	0,61	5	3
Caldazinha	100 m (GOOGLE EARTH, 2016)	980 m (GOOGLE EARTH, 2016)	1,19	0,49	0	3
Caturai	2,575 km (SEMARH, 2010)	1,026 km (SEMARH, 2010)	2,93	0,80	5	3
Goianápolis	---	110 m (GOOGLE EARTH, 2015)	6,31	0,20	5	0
Goiânia	260 m	400 m	dentro do perímetro	0,80	0	3
Goianira	---	---	3,38	1,08	5	3
Guapó	50 m do Distrito de Posselândia (GOOGLE EARTH, 2016)	---	15,15	0,65	0	3
Hidrolândia	4,5 km (EQUILIBRIO, 2013)	1,2 km (EQUILIBRIO, 2013)	4,20	0,62	5	3
Inhumas	---	---	3,55	0,87	5	3
Nerópolis	---	---	3,10	0,54	5	3
Nova Veneza	1 km (SECIMA, 2012)	285 m (SECIMA, 2012)	0,92	0,59	5	0
Santo Antônio de Goiás	2 km (FERREIRA et al, 2014)	1,2 km (FERREIRA et al, 2014)	2,11	1,20	5	3
Senador Canedo	216 m (GOOGLE EARTH, 2016)	300 m (DBO ENGENHARIA, 2006)	0,88	0,30	0	3
Terezópolis de Goiás	---	540 m	2,16	0,45	5	3
Trindade	700 m (GOOGLE EARTH, 2016)	1.000 m (GOOGLE EARTH, 2016)	1,30	0,68	5	3

¹ – considerada a distância da área até o perímetro urbano.

² – para efeito de pontuação foram consideradas as menores distâncias entre as referenciadas por outras fontes e as georreferenciadas na presente pesquisa.

APÊNDICE VII

Quadro de considerações para pontuação adotada no preenchimento do IQA relativas ao subitem profundidade do lençol freático nas ADF de RSU da RMG

Município	Profundidade do lençol (m)		Profundidade da Trincheira (m)	Δ (m) ³	Pontuação Adotada
	Sondagens ¹	Georreferenciamento ²			
Abadia de Goiás	13,20 (GAIA, 2004).	10,39	3,00 (GAIA, 2004)	10,20	4
Aparecida de Goiânia	5,75 (Master Solo Engenharia apud DBO Engenharia, 2013)	8,07	4,00 (DBO ENGENHARIA, 2013b)	1,75	2
Aragoiânia	8,00 (TERRA, 2010)	10,39	0,00	8,00	4
Bela Vista de Goiás	4,76 (BELA VISTA DE GOIÁS, 2015b)	8,07	3,50 (BELA VISTA DE GOIÁS, 2015)	1,26	0
Bonfinópolis	5,60 (AR, 2010)	10,39	5,00 (BONFINOPOLIS, 2010)	0,60	0
Brazabrantes	---	10,39	3,00	7,39	4
Caldazinha	2,50 (cisterna)	10,39	0,00	2,50	2
Caturaí	18,00 (SEMARH, 2010)	8,07	4,00 (CATURAÍ, 2010)	14,00	4
Goianápolis	---	10,39	4,00	6,39	4
Goiânia	1,70 (DBO ENGENHARIA, 2008)	10,39	5,00	-3,30	0
Goianira	---	8,07	5,00	3,07	2
Guapó	---	8,07	0,00	8,07	4
Hidrolândia	> 10 m (GANDARA, 2006)	10,39	3,50 (GANDARA, 2006)	6,89	4
Inhumas	12,80 (REIS, 2011)	8,07	6,00	6,80	4
Nerópolis	---	8,07	6,00	2,07	2
Nova Veneza	6,50 (NOVA VENEZA, 2012)	10,39	5,2 m (NOVA VENEZA, 2012)	1,30	2
Santo Antônio de Goiás	---	10,39	5,00	5,39	4
Senador Canedo	7,00 (DBO ENGENHARIA, 2006)	10,39	4,50 (DBO ENGENHARIA, 2006)	2,50	2
Terezópolis de Goiás	1,84 (INEAA, 2012)	8,07	4,00 (INEAA, 2012)	-2,16	0
Trindade	---	8,07	5,00	3,07	4

¹ – foram considerados os menores valores apresentados nos referidos trabalhos;
² – foram considerados os menores valores, encontrados por Nogueira (2017) para a região de cada área;
³ – Δ é a diferença da base da trincheira ou da base do aterro superficial e a profundidade do lençol freático.

APÊNDICE VIII

Quadro de considerações para pontuação adotada no preenchimento do IQA relativas aos subitens sistema de tratamento de chorume e monitoramento de águas subterrâneas nas ADF de RSU da RMG

Município	Qtde de Poços de Monitoramento das Águas Subterrâneas	Qtde de Lagoas de Tratamento de Chorume
Abadia de Goiás	4 (GAIA, 2004)	1 anaeróbica
Aparecida de Goiânia	3 (DBO ENGENHARIA, 2013)	1 anaeróbica e 1 facultativa
Aragoiânia	0	0
Bela Vista de Goiás	3 (Bela Vista de Goiás, 2015b)	1 anaeróbica
Bonfinópolis	4 (Bonfinopolis, 2016)	2
Brazabrantes	0	0
Caldazinha	0	0
Caturai	-	0
Goianápolis	-	2
Goiânia	6 (DBO ENGENHARIA, 2008)	2 anaeróbicas e 1 facultativa
Goianira	0	0
Guapó	0	0
Hidrolândia	3 (Hidrolândia)	1 anaeróbica
Inhumas	4 (REIS, 2011)	1 anaeróbica
Nerópolis	3	1 anaeróbica
Nova Veneza	0	0
Santo Antônio de Goiás	0	0
Senador Canedo	4 (DBO, 2006)	2
Terezópolis de Goiás	4 (INEAA, 2012)	0
Trindade	3 (SECIMA, 2017)	1 ou 2

APÊNDICE IX

PLANILHAS DE AVALIAÇÃO DOS IQA NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE ABADIA DE GOIÁS										
Município: Abadia de Goiás - Goiás - Brasil					População: 7.895 hab (IBGE, 2015b)					
Data: 5/maio/2016					Licença (Sim/Não): Sim. LP 480/2015 (válida até 17/mar/2020)					
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1		
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa – $k \leq 10^{-6}$	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4		
		Média – $10^{-6} < k \leq 5 \times 10^{-4}$	2	2			Não	0	0	
		Alta – $k > 5 \times 10^{-4}$	0			Compactação do lixo	Adequada	4	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2		
		Próximo	0				Inexistente	0		
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	1	
		Próximo	0				Sim	0		
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	2	
		$1,50 \leq \Delta < 5$ m	2				Sim	0		
		$< 1,50$ m	0			Presença de queimadas	Não	1	1	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4			Sim	0		
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3		
		Nenhum	0				Sim	0	0	
Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2	Presença de animais (bois, etc)		Não	3	3		
	Ruim	0				Sim/Proximidade	0			
Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3	Descarga de resíduos dos serviços de saúde		Não	3	3		
	Regulares	2				Sim	0			
	Ruins	0		Descarga de resíduos industriais		Não/adequada	4	4		
Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0			
	Ruim	0		Funcionamento da drenagem de chorume		Bom	3			
Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	2		
	Loc. Proibida	0				Inexistente	0			
Sub-total 1	Máximo	40	37	Funcionamento da drenagem pluvial definitiva		Bom	2			
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	1	
		Não	0				Inexistente	0		
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2		
		Não	0				Regular	1		
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0	
		Sim s/ balança	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	2		
		Não	0	0		Regular	1			
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2		Inexistente	0			
		Não	0		Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5			
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5			Regular	2			
		Periodicamente	2	2		Inexistente	0	0		
		Inexistente	0		Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2			
	Outros equipamentos	Sim	1	1		Regular	1			
		Não	0			Inexistente	0	0		
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5	Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. líc. e gases	Bom	2			
		Não	0			Regular	1			
	Drenagem de chorume	Suficiente	5			Inexistente	0	0		
		Insuficiente	1	1	Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom	2	2		
		Inexistente	0			Regular	1			
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4			Inexistente	0			
		Insuficiente	2	2	Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	2		
		Inexistente	0			Não	0			
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2		Dados gerais sobre o aterro	Sim	1			
		Insuficiente	1			Não/incompleto	0	0		
		Inexistente	0	0	Manutenção dos acessos internos	Boas	2	2		
	Drenagem de gases	Suficiente	3	3		Regulares	1			
		Insuficiente	1			Péssimas	0			
		Inexistente	0		Plano de fechamento do aterro	Sim	1			
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5			Não	0	0		
		Insufic/inexist.	0	0	Sub-total 3	Máximo	52	29		
Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3								
	Insuficiente	1	1	Total (1+2+3)					90	
	Inexistente	0		IQA = (Soma dos pontos/140) *10					6,43	
Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3								
	Insuficiente	1		IQA					AVALIAÇÃO	
	Inexistente	0	0	0 a 8,00					Condições Inadequadas	
Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3	8,01 a 10,00					Condições Adequadas	
	Insuficiente	1								
	Inexistente	0								
Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2								
	Parcialmente	1	1							
	Não	0								
Sub-total 1	Máximo	48	24							

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE APARECIDA DE GOIÂNIA					População: 521.910 hab (IBGE, 2015b)				
Município: Aparecida de Goiânia - Goiás - Brasil					Licença (Sim/Não): Sim, L.F. 2220/2016 (válida até 20/12/2022)				
Data: 23/set/2015									
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5		CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	1
		Inadequada/Insuf.	0	0			Sim	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	4
		Média	2	2			Não	0	
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	4
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 200 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	1
		Próximo	0				Sim	0	
	Profundidade do lençol freático	> 3 m	4			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	2
		1 < Δ < 3 m	2	2			Sim	0	
		< 1 m	0			Presença de queimadas	Não	1	1
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4			Sim	0	
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	3
		Nenhum	0				Sim	0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0				Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	3
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	
	Sub-total 1	Máximo	40	30		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	2
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2	2			Inexistente	0	
		Sim s/ balança	1			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	2
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	5
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Regular	2	
		Periodicamente	2				Inexistente	0	
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	2
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Drenagem de chorume	Suficiente	5	5			Inexistente	0	
		Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom	2	
		Inexistente	0				Regular	1	1
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	4			Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	2
		Inexistente	0				Não	0	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1	1			Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0				Boas	2	2
	Drenagem de gases	Suficiente	3	3		Manutenção dos acessos internos	Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	
		Inexistente	0			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	0
		Insufic/inexist.	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	47
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3						
		Insuficiente	1	1					
		Inexistente	0						
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente	3						
		Insuficiente	1	1					
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1	1					
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48	37					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE ARAGOIÂNIA				
Município: Aragoiânia - Goiás - Brasil				
Data: 19/maio/2016				
População: 9.444 hab (IBGE, 2015b)				
Licença (Sim/Não): Não.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5
		Inadequada/Insuf	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5	
		Média	2	2
		Alta	0	
		Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5
	Próximo		0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3
		Próximo	0	
	Profundidade do lençol freático	> 5 m	4	4
		1,50 < Δ < 5 m	2	
		< 1,50 m	0	
		Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4
	Insuficiente		2	2
	Nenhum		0	
Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2	
	Ruim	0		
Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3	
	Regulares	2		
	Ruins	0		
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	
Ruim		0	0	
Legalidade de localização	Loc. Permitido	5		
	Loc. Proibida	0	0	
	Sub-total 1	Máximo	40	26
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim	2	2
		Não	0	
	Portaria/guarita	Sim	1	1
		Não	0	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2	
		Sim s/ balança	1	
		Não	0	0
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	
		Não	0	0
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	
		Periodicamente	2	
		Inexistente	0	0
	Outros equipamentos	Sim	1	
		Não	0	0
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	
		Não	0	0
	Drenagem de chorume	Suficiente	5	
		Insuficiente	1	
		Inexistente	0	0
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	
		Insuficiente	2	
		Inexistente	0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2	
		Insuficiente	1	
		Inexistente	0	0
	Drenagem de gases	Suficiente	3	
		Insuficiente	1	
		Inexistente	0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5	
		Insufic/inexist.	0	0
Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		
	Insuficiente	1		
	Inexistente	0	0	
Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		
	Insuficiente	1		
	Inexistente	0	0	
Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3	
	Insuficiente	1		
	Inexistente	0		
Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2		
	Parcialmente	1		
	Não	0	0	
	Sub-total 1	Máximo	48	6
CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não		1
		Sim		0
	Recobrimento diário do lixo	Sim		4
		Não		0
	Compactação do lixo	Adequada		4
		Inadequada		2
		Inexistente		0
		Presença de urubus-gaivotas	Não	
	Sim			0
	Presença de moscas em grande quantidade	Não		2
		Sim		0
	Presença de queimadas	Não		1
		Sim		0
	Presença de catadores	Não		3
		Sim		0
Presença de animais (bois, etc)	Não		3	
	Sim/Proximidade		0	
Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não		3	
	Sim		0	
Descarga de resíduos industriais	Não/adequada		4	
	Sim/Inadequada		0	
Funcionamento da drenagem de chorume	Bom		3	
	Regular		2	
	Inexistente		0	
	Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom		2
Regular			1	
	Inexistente		0	
	Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom		2
Regular			1	
	Inexistente		0	
	Funcionamento da drenagem de gases	Bom		2
Regular			1	
	Inexistente		0	
	Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom		5
Regular			2	
Inexistente			0	
Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom		2	
	Regular		1	
	Inexistente		0	
	Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom		2
Regular			1	
	Inexistente		0	
	Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.		2
Regular			1	
Inexistente			0	
Medidas corretivas	Sim/desnec.		2	
	Não		0	
Dados gerais sobre o aterro	Sim		1	
	Não/incompleto		0	
Manutenção dos acessos internos	Boas		2	
	Regulares		1	
	Péssimas		0	
Plano de fechamento do aterro	Sim		1	
	Não		0	
	Sub-total 3	Máximo	52	9
Total (1+2+3)				41
IQA = (Soma dos pontos/140) *10				2,93
IQA		AVALIAÇÃO		
0 a 8,00		Condições Inadequadas		
8,01 a 10,0		Condições Adequadas		

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE BELA VISTA DE GOIÁS					População: 27.628 hab (IBGE, 2015b)				
Município: Bela Vista de Goiás - Goiás - Brasil					Licença (Sim/Não): Sim. L.F. 2404/2015 (válida até 13/11/2021)				
Data: 12/maio/2016									
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não		1	1
		Inadequada/Insuf	0			Sim		0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5		Recobrimento diário do lixo	Sim		4	4
		Média	2	2		Não		0	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Alta	0		Compactação do lixo	Adequada	4	4	
		Longe > 500 m	5			Inadequada	2		
	Próximo	0	0	Inexistente			0		
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3	Presença de urubus-gaivotas	Não		1	
		Próximo	0			Sim		0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não		2	2
		1,50 ≤ Δ < 5 m	2			Sim		0	
		< 1,50 m	0	0	Presença de queimadas	Não		1	1
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4		Sim		0	
		Insuficiente	2		Presença de catadores	Não		3	3
		Nenhum	0			Sim		0	
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2	Presença de animais (bois, etc)	Não		3	3
		Ruim	0			Sim/Proximidade		0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3	Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não		3	3
Regulares		2		Sim			0		
Ruins	0		Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4			
	0			Sim/Inadequada		0			
Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4	Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	3		
	Ruim	0			Regular		2		
Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5	Inexistente		0			
	Loc. Proibida	0		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom		2	2	
Sub-total 1	Máximo	40	28		Regular		1		
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim	2	2	Inexistente		0		
		Não	0		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom		2	
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Regular		1	1
		Não	0		Inexistente		0		
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2		Funcionamento da drenagem de gases	Bom		2	2
		Sim s/ balança	1	1		Regular		1	
		Não	0			Inexistente		0	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2	Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom		5	5
		Não	0			Regular		2	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5		Inexistente		0	
		Periodicamente	2		Funcion. sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom		2	2
		Inexistente	0			Regular		1	
	Outros equipamentos	Sim	1	1		Inexistente		0	
		Não	0		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom		2	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Regular		1	1
		Não	0			Inexistente		0	
	Drenagem de chorume	Suficiente	5	5	Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2	
		Insuficiente	1			Regular		1	
		Inexistente	0			Inexistente		0	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	4	Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	2	
		Insuficiente	2			Não		0	
		Inexistente	0		Dados gerais sobre o aterro	Sim		1	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Não/incompleto		0	0
		Insuficiente	1	1	Manutenção dos acessos internos	Boas		2	2
		Inexistente	0			Regulares		1	
	Drenagem de gases	Suficiente	3	3		Péssimas		0	
		Insuficiente	1		Plano de fechamento do aterro	Sim		1	
		Inexistente	0			Não		0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5		Sub-total 3	Máximo	52	47	
		Insufic/inexist.	0	0					
Suficiente		3							
Monitoramento de águas subterrâneas	Insuficiente	1	1						
	Inexistente	0							
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3	3					
Insuficiente		1							
Inexistente		0							
Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3						
	Insuficiente	1							
	Inexistente	0							
Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2	2						
	Parcialmente	1							
	Não	0							
Sub-total 1	Máximo	48	39						

Total (1+2+3)		114
IQA = (Soma dos pontos/140) * 10		8,14
IQA	AVALIAÇÃO	
0 a 8,00	Condições Inadequadas	
8,01 a 10,0	Condições Adequadas	

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE BONFINÓPOLIS									
Município: Bonfinópolis - Goiás - Brasil					População: 8.694 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 12/maio/2016					Licença (Sim/Não): Sim, LF 1519/2011 (válida até 30/06/2017)				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	0
		Inadequada/Insuf	0			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5				Não	0	0
		Média	2	2		Compactação do lixo	Adequada	4	
		Alta	0				Inadequada	2	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inexistente	0	0
		Próximo	0			Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3			Sim	0	0
		Próximo	0			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4				Sim	0	0
		1,50 ≤ Δ < 5 m	2			Presença de queimadas	Não	1	
		< 1,50 m	0	0			Sim	0	0
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4			Não	3	3
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Sim	0	
		Nenhum	0					0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0	0			Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	2
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	
	Sub-total 1	Máximo	40	31		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	2
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	0
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5				Regular	2	
		Periodicamente	2	2			Inexistente	0	0
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	1
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Drenagem de chorume	Suficiente	5				Inexistente	0	
		Insuficiente	1	1		Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2
		Inexistente	0				Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	4			Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Inexistente	0				Não	0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0		Manutenção dos acessos internos	Boas	2	2
		Suficiente	3				Regulares	1	
	Drenagem de gases	Insuficiente	1				Péssimas	0	
		Inexistente	0	0		Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
		Inexistente	0				Não	0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5			Sub-total 3	Máximo	52	23
		Insufic/inexist.	0	0	Total (1+2+3)				81
		Suficiente	3	3	IQA = (Soma dos pontos/140) *10				5,79
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		IQA				
		Insuficiente	1		AVALIAÇÃO				
		Inexistente	0		0 a 8,00				Condições Inadequadas
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		8,01 a 10,00				Condições Adequadas
		Insuficiente	1	1					
		Inexistente	0						
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1	1					
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48	27					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE BRAZABRANTES										
Município: Brazabrantas - Goiás - Brasil					População: 3.232 hab (IBGE, 2015b)					
Data: 5/nov/2015					Licença (Sim/Não): Não.					
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não		1		
		Inadequada/Insuf	0			Sim		0	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5		Recobrimento diário do lixo	Sim		4		
		Média	2	2		Não		0	0	
		Alta	0		Compactação do lixo	Adequada		4		
	Longe > 500 m	5	5	Inadequada			2			
	Próximo	0		Inexistente			0	0		
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3	Presença de urubus-gaivotas	Não		1		
		Próximo	0			Sim		0	0	
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4	4	Presença de moscas em grande quantidade	Não		2		
		1,50 ≤ Δ < 5 m	2			Sim		0	0	
		< 1,50 m	0		Presença de queimadas	Não		1		
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4		Sim		0	0	
		Insuficiente	2		Presença de catadores	Não		3		
		Nenhum	0			Sim		0	0	
Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2	Presença de animais (bois, etc)	Não		3	3		
	Ruim	0			Sim/Proximidade		0			
Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não		3	3		
	Regulares	2	2		Sim		0			
	Ruins	0		Descarga de resíduos industriais	Não/adequada		4			
Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4		Sim/Inadequada		0	0		
	Ruim	0		Funcionamento da drenagem de chorume	Bom		3			
Legalidade de localização	Loc. Permitido	5			Regular		2			
	Loc. Proibida	0	0	Inexistente		0	0			
Sub-total 1		Máximo	40	31						
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim	2	2	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom		2	
		Não	0				Regular		1	
	Portaria/guarita	Sim	1			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Inexistente		0	0
		Não	0	0			Bom		2	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2			Regular		1		
		Sim s/ balança	1			Inexistente		0	0	
	Acesso à frente de trabalho	Não	0	0		Funcionamento da drenagem de gases	Bom		2	
		Sim	2	2			Regular		1	
	Trator de esteiras ou compatível	Não	0			Inexistente		0	0	
		Permanente	5			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom		5	
	Periodicamente	2		Regular				2		
	Outros equipamentos	Inexistente	0	0		Inexistente		0	0	
		Sim	1			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom		2	
	Não	0	0	Regular				1		
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5			Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Inexistente		0	0
		Não	0	0			Bom/Desneces.		2	2
	Drenagem de chorume	Suficiente	5			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Regular		1	
		Insuficiente	1				Inexistente		0	
		Inexistente	0	0		Medidas corretivas	Sim/desnec.		2	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4				Não		0	0
		Insuficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim		1	
		Inexistente	0	0			Não/incompleto		0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Manutenção dos acessos internos	Boas		2	
		Insuficiente	1				Regulares		1	1
		Inexistente	0	0			Péssimas		0	
	Drenagem de gases	Suficiente	3			Plano de fechamento do aterro	Sim		1	
		Insuficiente	1				Não		0	0
		Inexistente	0	0		Sub-total 3		Máximo	52	9
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5							
		Insufic/inexist.	0	0						
		Suficiente	3							
	Monitoramento de águas subterrâneas	Insuficiente	1							
Inexistente		0	0							
Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases		Suficiente	3							
	Insuficiente	1								
	Inexistente	0	0							
Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3							
	Insuficiente	1								
	Inexistente	0								
Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2								
	Parcialmente	1								
	Não	0	0							
Sub-total 1		Máximo	48	7						
					</					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE CALDAZINHA									
Município: Caldasinha - Goiás - Brasil					População: 3.624 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 7/abr/2016					Licença (Sim/Não): Não				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5				Inadequada	2	
		Próximo	0	0			Inexistente	0	0
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0				Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 ≤ Δ < 5 m	2	2			Sim	0	0
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Não	1	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0	0
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	
		Nenhum	0	0			Sim	0	0
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Não	3	
		Ruim	0	0			Sim/Proximidade	0	0
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	0
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5				Regular	2	
		Loc. Proibida	0	0			Inexistente	0	0
	Sub-total 1	Máximo	40	19		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Portaria/guarita	Sim	1			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0	0			Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0	0			Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	0
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5				Regular	2	
		Periodicamente	2	2			Inexistente	0	0
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5			Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0	0			Regular	1	1
	Drenagem de chorume	Suficiente	5				Inexistente	0	
		Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos mactos	Bom/Desnec.	2	2
		Inexistente	0	0			Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4				Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Inexistente	0	0			Não	0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0			Boas	2	
	Drenagem de gases	Suficiente	3			Manutenção dos acessos internos	Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	0
		Inexistente	0	0		Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	0
		Insufic/inexist.	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	6
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		Total (1+2+3)				36
		Insuficiente	1		IQA = (Soma dos pontos/140) *10				2,57
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		IQA				AVALIAÇÃO
		Insuficiente	1	1	0 a 8,00				Condições Inadequadas
		Inexistente	0		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
	Monitoramento da estab. de mactos de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0	0					
	Sub-total 1	Máximo	48	11					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE CATURAI									
Município: Caturai - Goiás - Brasil					População: 4.977 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 28/abr/2015					Licença (Sim/Não): Sim. L.P. 147/2011				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	2
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0				Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 < Δ < 5 m	2				Sim	0	0
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Não	1	1
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0	
		Insuficiente	2	2		Presença de catadores	Não	3	
		Nenhum	0				Sim	0	0
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	
		Ruim	0				Sim/Proximidade	0	0
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3			Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2	2			Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	0
	Sub-total 1	Máximo	40	34		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	0
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5				Regular	2	
		Periodicamente	2	2			Inexistente	0	0
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Drenagem de chorume	Suficiente	5				Inexistente	0	0
		Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/desnec.	2	
		Inexistente	0	0			Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4				Inexistente	0	0
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Inexistente	0	0			Não	0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0			Boas	2	2
	Drenagem de gases	Suficiente	3			Manutenção dos acessos internos	Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	
		Inexistente	0	0		Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	0
		Insufic/inexist.	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	12
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		Total (1+2+3)				61
		Insuficiente	1		IQA = (Soma dos pontos/140) *10				4,36
		Inexistente	0	0	IQA				AVALIAÇÃO
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		0 a 8,00				Condições Inadequadas
		Insuficiente	1		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0	0					
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1	1					
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48	15					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE GOIANÁPOLIS									
Município: Goiánápolis - Goiás - Brasil					População: 11.024 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 29/out/2015					Licença (Sim/Não): Sim. L.P.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	2
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3			Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0	0			Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 < Δ < 5 m	2				Sim	0	0
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Não	1	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0	0
		Insuficiente	2	2		Presença de catadores	Não	3	3
		Nenhum	0				Sim	0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0				Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4				Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0	0		Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	0
	Sub-total 1	Máximo	40	28		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	0
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Regular	2	
		Periodicamente	2				Inexistente	0	0
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1				Regular	1	
		Não	0	0			Inexistente	0	0
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Drenagem de chorume	Suficiente	5				Inexistente	0	0
		Insuficiente	1	1		Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2
		Inexistente	0				Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4				Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Inexistente	0	0			Não	0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0		Manutenção dos acessos internos	Boas	2	
		Suficiente	3				Regulares	1	1
		Insuficiente	1				Péssimas	0	
	Drenagem de gases	Suficiente	3			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não	0	0
		Inexistente	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	18
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5		Total (1+2+3)				66
		Insufic/inexist.	0	0	IQA = (Soma dos pontos/140) *10				4,71
		Suficiente	3		IQA				AVALIAÇÃO
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		0 a 8,00				Condições Inadequadas
		Insuficiente	1		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0	0					
	Sub-total 1	Máximo	48	20					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE GOIÂNIA									
Município: Goiânia - Goiás - Brasil					População: 1.430.697 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 10/mar/2016					Licença (Sim/Não): Não. LF e LF Ampliação vencidas.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5		CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	1
		Inadequada/Insuf	0	0			Sim	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	4
		Média	2				Não	0	
		Alta	0	0		Compactação do lixo	Adequada	4	4
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5				Inadequada	2	
		Próximo	0	0			Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 200 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	1
		Próximo	0				Sim	0	
	Profundidade do lençol freático	≥ 3 m	4			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	2
		1 < Δ < 3 m	2				Sim	0	
		< 1 m	0	0		Presença de queimadas	Não	1	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0	0
		Insuficiente	2	2		Presença de catadores	Não	3	3
		Nenhum	0				Sim	0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0				Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4				Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0	0		Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	3
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	
	Sub-total 1	Máximo	40	15		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	2
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2	2			Inexistente	0	
		Sim s/ balança	1			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Regular	2	2
		Periodicamente	2				Inexistente	0	
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	1
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Drenagem de chorume	Suficiente	5	5			Inexistente	0	
		Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom	2	
		Inexistente	0				Regular	1	1
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	4			Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	2
		Inexistente	0				Não	0	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1	1			Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0			Manutenção dos acessos internos	Boas	2	2
	Drenagem de gases	Suficiente	3	3			Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	
		Inexistente	0			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	0
		Insufic/inexist.	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	41
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3	3	Total (1+2+3)				95
		Insuficiente	1		IQA = (Soma dos pontos/140) *10				6,79
		Inexistente	0						
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3	3	IQA		AVALIAÇÃO		
		Insuficiente	1		0 a 8,00		Condições Inadequadas		
		Inexistente	0		8,01 a 10,0		Condições Adequadas		
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente	3						
		Insuficiente	1	1					
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1	1					
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48	39					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE GOIANIRA									
Município: Goiânia - Goiás - Brasil					População: 39.484 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 12/abr/2016					Licença (Sim/Não): Sim. L.P.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
		Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	2
	Proximidade de núcleos habitacionais	Próximo	0				Inexistente	0	
		Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3		3	Presença de urubus-gaivotas	Não	1
	Próximo		0			Sim		0	0
	Profundidade do lençol freático	> 5 m	4			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 ≤ Δ < 5 m	2	2			Sim	0	0
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Não	1	
		Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0
	Insuficiente		2			Presença de catadores	Não	3	
	Nenhum		0	0			Sim	0	0
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0	0			Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
Regulares		2		Sim	0				
	Ruins	0		Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4		
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4			Sim/Inadequada	0		
	Ruim	0	0	Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3			
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5			Regular	2		
Loc. Proibida		0	0	Inexistente	0	0			
Sub-total 1	Máximo	40	20		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2		
Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1		
	Não	0			Inexistente	0	0		
Portaria/guarita	Sim	1			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2		
	Não	0	0			Regular	1		
Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2			Inexistente	0	0		
	Sim s/ balança	1	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2		
Acesso à frente de trabalho	Não	0				Regular	1		
	Sim	2	2		Inexistente	0	0		
Trator de esteiras ou compatível	Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5		
	Permanente	5	5			Regular	2		
	Periodicamente	2			Inexistente	0	0		
	Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2		
Outros equipamentos	Sim	1				Regular	1		
	Não	0	0		Inexistente	0	0		
Impermeabilização da base do aterro	Sim	5			Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2		
	Não	0	0			Regular	1		
Drenagem de chorume	Suficiente	5			Inexistente	0	0		
	Insuficiente	1		Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2		
	Inexistente	0	0		Regular	1			
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4		Medidas corretivas	Inexistente	0		
Insuficiente		2		Sim/desnec.		2			
	Inexistente	0	0	Dados gerais sobre o aterro	Não	0	0		
	Suficiente	2			Sim	1			
Drenagem de águas pluviais provisória	Insuficiente	1		Manutenção dos acessos internos	Não/incompleto	0	0		
	Inexistente	0	0		Boas	2			
Drenagem de gases	Suficiente	3		Regulares	1	1			
	Insuficiente	1		Péssimas	0				
	Inexistente	0	0	Plano de fechamento do aterro	Sim	1			
	Suficiente	5			Não	0	0		
Sistema de tratamento de chorume	Insufic/inexist.	0	0	Sub-total 3	Máximo	52	15		
	Suficiente	3							
Monitoramento de águas subterrâneas	Insuficiente	1							
	Inexistente	0	0						
Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3							
	Insuficiente	1							
	Inexistente	0	0						
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
Insuficiente		1							
	Inexistente	0							
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
Parcialmente		1							
	Não	0	0						
Sub-total 1	Máximo	48	13						

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE GUAPO									
Município: Guapó - Goiás - Brasil					População: 14.441 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 5/maio/2016					Licença (Sim/Não): Não				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec. Inadequada/Insuf	5 0	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não Sim	1 0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa Média Alta	5 2 0	2		Recobrimento diário do lixo	Sim Não	4 0	0
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m Próximo	5 0	0		Compactação do lixo	Adequada Inadequada Inexistente	4 2 0	0
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m Próximo	3 0	3		Presença de urubus-gaivotas	Não Sim	1 0	0
	Profundidade do lençol freático	> 5 m 1,50 < Δ < 5 m < 1,50 m	4 2 0	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não Sim	2 0	0
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente Insuficiente Nenhum	4 2 0	0		Presença de queimadas	Não Sim	1 0	0
	Qualidade do material para recobrimento	Boa Ruim	2 0	0		Presença de catadores	Não Sim	3 0	0
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas Regulares Ruins	3 2 0	3		Presença de animais (bois, etc)	Sim/Proximidade	0	0
	Isolamento visual da vizinhança	Boa Ruim	4 0	0		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não Sim	3 0	3
	Legalidade de localização	Loc. Permitido Loc. Proibida	5 0	0		Descarga de resíduos industriais	Não/adequada Sim/Inadequada	4 0	4
	Sub-total 1	Máximo	40	17		Funcionamento da drenagem de chorume	Bom Regular Inexistente	3 2 0	0
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim Não	2 0	0		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Portaria/guarita	Sim Não	1 0	0		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança Sim s/ balança Não	2 1 0	0		Funcionamento da drenagem de gases	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Acesso à frente de trabalho	Sim Não	2 0	0		Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom Regular Inexistente	5 2 0	0
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente Periodicamente Inexistente	5 2 0	0		Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Outros equipamentos	Sim Não	1 0	0		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Impermeabilização da base do aterro	Sim Não	5 0	0		Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec Regular Inexistente	2 1 0	2
	Drenagem de chorume	Suficiente Insuficiente Inexistente	5 1 0	0		Medidas corretivas	Sim/Desnec. Não	2 0	0
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente Insuficiente Inexistente	4 2 0	0		Dados gerais sobre o aterro	Sim Não/incompleto	1 0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente Insuficiente Inexistente	2 1 0	0		Manutenção dos acessos internos	Boas Regulares Péssimas	2 1 0	0
	Drenagem de gases	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 1 0	0		Plano de fechamento do aterro	Sim Não	1 0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente Insufic/inexist.	5 0	0		Sub-total 3	Máximo	52	9
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 1 0	0	Total (1+2+3)				
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 1 0	0	IQA = (Soma dos pontos/140) *10				
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec Insuficiente Inexistente	3 1 0	3	IQA				
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim Parcialmente Não	2 1 0	0	0 a 8,00				
	Sub-total 1	Máximo	48	3	8,01 a 10,0				
							AVALIAÇÃO		
							Condições Inadequadas		
							Condições Adequadas		

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE HIDROLÂNDIA									
Município: Hidrolândia - Goiás - Brasil					População: 19.761 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 26/abr/2016					Licença (Sim/Não): Sim. LF válida até 09/04/2019.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	0
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	2
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0				Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 < Δ < 5 m	2				Sim	0	0
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Não	1	1
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4			Sim	0	
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	3
		Nenhum	0				Sim	0	
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0	0			Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	3
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	
	Sub-total 1	Máximo	40	35		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	2
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	2
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Regular	2	2
		Periodicamente	2				Inexistente	0	
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	2
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. líq. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Drenagem de chorume	Suficiente	5	5			Inexistente	0	
		Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec	2	2
		Inexistente	0				Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	4			Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/Desnec.	2	2
		Inexistente	0				Não	0	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0			Boas	2	2
	Drenagem de gases	Suficiente	3	3		Manutenção dos acessos internos	Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	
		Inexistente	0			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	0
		Insufic/inexist.	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	34
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		Total (1+2+3)				105
		Insuficiente	1	1	IQA = (Soma dos pontos/140) *10				7,50
		Inexistente	0						
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		IQA				AVALIAÇÃO
		Insuficiente	1	1	0 a 8,00				Condições Inadequadas
		Inexistente	0		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2	2					
		Parcialmente	1						
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48	36					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE INHUMAS					População: 51.543 hab (IBGE, 2015b)				
Município: Inhumas - Goiás - Brasil					Licença (Sim/Não): Não. L.F. N. 356/2010 encontra-se vencida, se				
Data: 22/fev/2017					Lícença (Sim/Não): Não. L.F. N. 356/2010 encontra-se vencida, se				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	2
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0				Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 ≤ Δ < 5 m	2				Sim	0	0
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Não	1	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0	0
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	3
		Nenhum	0	0			Sim	0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Não	3	
		Ruim	0	0			Sim/Proximidade	0	0
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	0
	Sub-total 1	Máximo	40	31		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	0
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Regular	2	
		Periodicamente	2				Inexistente	0	0
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	1
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5			Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0	0			Regular	1	
	Drenagem de chorume	Suficiente	5				Inexistente	0	0
		Insuficiente	1	1		Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom	2	
		Inexistente	0				Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4				Inexistente	0	0
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Inexistente	0	0			Não	0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0		Manutenção dos acessos internos	Boas	2	
		Insuficiente	3				Regulares	1	1
		Inexistente	1				Péssimas	0	
	Drenagem de gases	Suficiente	2			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não	0	0
		Inexistente	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	14
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5		Total (1+2+3)				64
		Insufic/inexist.	0	0	IQA = (Soma dos pontos/140) *10				4,57
		Suficiente	3	3	IQA				AVALIAÇÃO
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		0 a 8,0				Condições Inadequadas
		Insuficiente	1		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0	0					
	Sub-total 1	Máximo	48	19					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE NERÓPOLIS									
Município: Nerópolis - Goiás - Brasil					População: 27.341 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 5/nov/2015					Licença (Sim/Não): Não. LF Vencida.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec. Inadequada/Insuf	5 0	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não Sim	1 0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa Média Alta	5 2 0	2		Recobrimento diário do lixo	Sim Não	4 0	0
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m Próximo	5 0	5		Compactação do lixo	Adequada Inadequada Inexistente	4 2 0	2
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m Próximo	3 0	3		Presença de urubus-gaivotas	Não Sim	1 0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m 1,50 < Δ < 5 m < 1,50 m	4 2 0	2		Presença de moscas em grande quantidade	Não Sim	2 0	0
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente Insuficiente Nenhum	4 2 0	2		Presença de queimadas	Não Sim	1 0	1
	Qualidade do material para recobrimento	Boa Ruim	2 0	0		Presença de catadores	Não Sim	3 0	0
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas Regulares Ruins	3 2 0	3		Presença de animais (bois, etc)	Não Sim/Proximidade	3 0	3
	Isolamento visual da vizinhança	Boa Ruim	4 0	0		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não Sim	3 0	3
	Legalidade de localização	Loc. Permitido Loc. Proibida	5 0	5		Descarga de resíduos industriais	Não/adequada Sim/Inadequada	4 0	0
	Sub-total 1	Máximo	40	27		Funcionamento da drenagem de chorume	Bom Regular Inexistente	3 2 0	2
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim Não	2 0	2		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Portaria/guarita	Sim Não	1 0	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança Sim s/ balança Não	2 1 0	1		Funcionamento da drenagem de gases	Bom Regular Inexistente	2 1 0	0
	Acesso à frente de trabalho	Sim Não	2 0	2		Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom Regular Inexistente	5 2 0	2
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente Periodicamente Inexistente	5 2 0	5		Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom Regular Inexistente	2 1 0	1
	Outros equipamentos	Sim Não	1 0	1		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom Regular Inexistente	2 1 0	1
	Impermeabilização da base do aterro	Sim Não	5 0	0		Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec. Regular Inexistente	2 1 0	2
	Drenagem de chorume	Suficiente Insuficiente Inexistente	5 1 0	1		Medidas corretivas	Sim/desnec. Não	2 0	0
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente Insuficiente Inexistente	4 2 0	0		Dados gerais sobre o aterro	Sim Não/incompleto	1 0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente Insuficiente Inexistente	2 1 0	0		Manutenção dos acessos internos	Boas Regulares Péssimas	2 1 0	2
	Drenagem de gases	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 1 0	0		Plano de fechamento do aterro	Sim Não	1 0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente Insuf/inexist.	5 0	0		Sub-total 3	Máximo	52	19
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 1 0	1		Total (1+2+3)			64
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 1 0	1		IQA = (Soma dos pontos/140) *10			4,57
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec Insuficiente Inexistente	3 1 0	3		IQA		AVALIAÇÃO	
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim Parcialmente Não	2 1 0	0		0 a 8,00		Condições Inadequadas	
	Sub-total 1	Máximo	48	18		8,01 a 10,0		Condições Adequadas	

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE NOVA VENEZA									
Município: Nova Veneza - Goiás - Brasil					População: 9.105 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 15/out/2015					Licença (Sim/Não): Não.				
ITEM	SUB-ITEM	AValiação	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AValiação	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	2
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3			Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0	0			Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	> 5 m	4			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 < Δ < 5 m	2				Sim	0	0
		< 1,50 m	0	0		Presença de queimadas	Não	1	1
							Sim	0	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4			Presença de catadores	Não	3	
		Insuficiente	2				Sim	0	0
		Nenhum	0	0		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2				Sim/Proximidade	0	
		Ruim	0	0		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3			Sim	0	
		Regulares	2			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
		Ruins	0				Sim/Inadequada	0	
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
		Ruim	0	0			Regular	2	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5				Inexistente	0	0
		Loc. Proibida	0	0		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Sub-total 1	Máximo	40	15			Regular	1	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área	Sim	2	2			Inexistente	0	0
		Não	0			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
	Portaria/guarita	Sim	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Sim s/ balança	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2		Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
		Não	0				Regular	2	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Inexistente	0	0
		Periodicamente	2			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
		Inexistente	0				Regular	1	
	Outros equipamentos	Sim	1				Inexistente	0	0
		Não	0	0		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5				Regular	1	
		Não	0	0			Inexistente	0	0
	Drenagem de chorume	Suficiente	5			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2
		Insuficiente	1				Regular	1	
		Inexistente	0	0			Inexistente	0	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Insuficiente	2				Não	0	0
		Inexistente	0	0		Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2				Não/incompleto	0	0
		Insuficiente	1				Boas	2	2
		Inexistente	0	0		Manutenção dos acessos internos	Regulares	1	
	Drenagem de gases	Suficiente	3				Péssimas	0	
		Insuficiente	1			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
		Inexistente	0	0			Não	0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5			Sub-total 3	Máximo	52	17
		Insufic/inexist.	0	0	Total (1+2+3)				46
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		IQA = (Soma dos pontos/140) *10				3,29
		Insuficiente	1		IQA				AVAliação
		Inexistente	0	0	0 a 8,00				Condições Inadequadas
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0	0					
	Sub-total 1	Máximo	48	14					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE SANTO ANTÔNIO DE GOIÁS									
Município: Santo Antônio de Goiás - Goiás - Brasil					População: 5.527 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 1/out/2015					Licença (Sim/Não): Não.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	0
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
		Média	2	2			Não	0	0
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	2
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0				Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
		1,50 < Δ < 5 m	2				Sim	0	0
		< 1,50 m	0			Presença de queimadas	Não	1	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4				Sim	0	0
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	
		Nenhum	0	0			Sim	0	0
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2			Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0	0			Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3			Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2	2			Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4				Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0	0		Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	0
	Sub-total 1	Máximo	40	26		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Portaria/guarita	Sim	1			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0	0			Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2				Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Não	0	0			Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2				Inexistente	0	0
		Não	0	0		Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5				Regular	2	
		Periodicamente	2				Inexistente	0	0
		Inexistente	0	0		Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1				Regular	1	
		Não	0	0			Inexistente	0	0
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5			Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0	0			Regular	1	
	Drenagem de chorume	Suficiente	5				Inexistente	0	0
		Insuficiente	1	1		Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2
		Inexistente	0				Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4				Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Inexistente	0	0			Não	0	0
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0		Manutenção dos acessos internos	Boas	2	
	Drenagem de gases	Suficiente	3				Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	0
		Inexistente	0	0		Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	0
		Insufic/inexist.	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	14
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		Total (1+2+3)				46
		Insuficiente	1		IQA = (Soma dos pontos/140) *10				3,29
		Inexistente	0	0	IQA				AVALIAÇÃO
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		0 a 8,00				Condições Inadequadas
		Insuficiente	1		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0	0					
	Sub-total 1	Máximo	48	6					

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE SENADOR CANEDO									
Município: Senador Canedo - Goiás - Brasil					População: 100.367 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 27/ago/2015					Licença (Sim/Não): Sim, LF 2.831/2014 (válida até 23/12/2020)				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5		CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	1
		Inadequada/Insuf.	0	0			Sim	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5	5		Recobrimento diário do lixo	Sim	4	4
		Média	2				Não	0	
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	4
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5				Inadequada	2	
		Próximo	0	0			Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 200 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	1
		Próximo	0				Sim	0	
	Profundidade do lençol freático	≥ 3 m	4			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	2
		1 ≤ Δ < 3 m	2	2			Sim	0	
		< 1 m	0			Presença de queimadas	Não	1	1
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4			Sim	0	
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	3
		Nenhum	0				Sim	0	
	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0				Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	3		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA		Regulares	2				Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	3
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	
	Sub-total 1	Máximo	40	28		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	2
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2	2			Inexistente	0	
		Sim s/ balança	1			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	2
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	5
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Regular	2	
		Periodicamente	2				Inexistente	0	
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	2
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
		Suficiente	5	5			Inexistente	0	
	Drenagem de chorume	Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	
		Inexistente	0				Regular	1	1
		Inexistente	0				Inexistente	0	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	4		Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	2
		Insuficiente	2				Não	0	
		Inexistente	0			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	1
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2	2			Não/incompleto	0	
		Insuficiente	1				Boas	2	2
		Inexistente	0			Manutenção dos acessos internos	Regulares	1	
	Drenagem de gases	Suficiente	3	3			Péssimas	0	
		Insuficiente	1			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
		Inexistente	0				Não	0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5			Sub-total 3	Máximo	52	48
		Insufic/inexist.	0	0					
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3						
		Insuficiente	1	1					
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2	2					
		Parcialmente	1						
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48	41					
					Total (1+2+3)				
					IQA = (Soma dos pontos/140) *10				
					8,36				
					IQA				
					AVALIAÇÃO				
					0 a 8,00				
					Condições Inadequadas				
					8,01 a 10,0				
					Condições Adequadas				

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE TEREZÓPOLIS DE GOIÁS									
Município: Terezópolis de Goiás - Goiás - Brasil					População: 7.389 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 29/out/2015					Licença (Sim/Não): Não. Vencida, sem renovação.				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	
		Inadequada/Insuf	0			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5				Não	0	0
		Média	2			Compactação do lixo	Adequada	4	
		Alta	0	0			Inadequada	2	
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inexistente	0	0
		Próximo	0			Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 300 m	3	3			Sim	0	0
		Próximo	0			Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	
	Profundidade do lençol freático	≥ 5 m	4				Sim	0	0
		1,50 ≤ Δ < 5 m	2			Presença de queimadas	Não	1	1
		< 1,50 m	0	0			Sim	0	
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4			Presença de catadores	Não	3	
		Insuficiente	2				Sim	0	0
		Nenhum	0	0		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2				Sim/Proximidade	0	0
		Ruim	0	0		Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3				Sim	0	
		Regulares	2	2		Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	
		Ruins	0				Sim/Inadequada	0	0
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4		Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	
		Ruim	0				Regular	2	
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5				Inexistente	0	0
		Loc. Proibida	0	0		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Sub-total 1	Máximo	40	19			Regular	1	
	Cercamento da área	Sim	2	2			Inexistente	0	0
		Não	0			Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
	Portaria/guarita	Sim	1	1			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	0
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	
		Sim s/ balança	1				Regular	1	
		Não	0	0			Inexistente	0	0
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
		Não	0	0			Regular	2	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5				Inexistente	0	0
		Periodicamente	2			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
		Inexistente	0	0			Regular	1	
	Outros equipamentos	Sim	1				Inexistente	0	0
		Não	0	0		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5				Regular	1	
		Não	0	0			Inexistente	0	0
	Drenagem de chorume	Suficiente	5			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2
		Insuficiente	1				Regular	1	
		Inexistente	0	0			Inexistente	0	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	
		Insuficiente	2				Não	0	0
		Inexistente	0	0		Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2				Não/incompleto	0	0
		Insuficiente	1				Boas	2	
		Inexistente	0	0		Manutenção dos acessos internos	Regulares	1	
	Drenagem de gases	Suficiente	3				Péssimas	0	0
		Insuficiente	1			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
		Inexistente	0	0			Não	0	0
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5			Sub-total 3	Máximo	52	6
		Insufic/inexist.	0	0					
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3						
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0	0					
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1						
		Não	0	0					
	Sub-total 1	Máximo	48	9					
Total (1+2+3)								34	
IQA = (Soma dos pontos/140) *10								2,43	
IQA								AVALIAÇÃO	
0 a 8,00								Condições Inadequadas	
8,01 a 10,0								Condições Adequadas	

APÊNDICE IX - ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS - IQA DA ADF DE RSU DE TRINDADE									
Município: Trindade - Goiás - Brasil					População: 111.454 hab (IBGE, 2015b)				
Data: 24/maio/2016					Licença (Sim/Não): Não. LF. 1106/2016 (Expirada em 23/12/16)				
ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo	Adequada/Desnec.	5	5	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Presença de elementos dispersos pelo vento	Não	1	1
		Inadequada/Insuf	0				Sim	0	
	Permeabilidade do solo	Baixa	5			Recobrimento diário do lixo	Sim	4	4
		Média	2	2			Não	0	
		Alta	0			Compactação do lixo	Adequada	4	4
	Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5			Inadequada	2	
		Próximo	0				Inexistente	0	
	Proximidade de corpos de água	Longe > 200 m	3	3		Presença de urubus-gaivotas	Não	1	
		Próximo	0				Sim	0	0
	Profundidade do lençol freático	≥ 3 m	4	4		Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	2
		1 < Δ < 3 m	2				Sim	0	
		< 1 m	0			Presença de queimadas	Não	1	1
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4			Sim	0	
		Insuficiente	2			Presença de catadores	Não	3	3
		Nenhum	0				Sim	0	
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2		Presença de animais (bois, etc)	Não	3	3
		Ruim	0				Sim/Proximidade	0	
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3			Descarga de resíduos dos serviços de saúde	Não	3	3
		Regulares	2	2			Sim	0	
		Ruins	0			Descarga de resíduos industriais	Não/adequada	4	4
	Isolamento visual da vizinhança	Boa	4	4			Sim/Inadequada	0	
		Ruim	0			Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	3
	Legalidade de localização	Loc. Permitido	5	5			Regular	2	
		Loc. Proibida	0				Inexistente	0	
	Sub-total 1	Máximo	40	36		Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	2
	Cercamento da área	Sim	2	2			Regular	1	
		Não	0				Inexistente	0	
	Portaria/guarita	Sim	1	1		Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	
	Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2	2			Inexistente	0	0
		Sim s/ balança	1			Funcionamento da drenagem de gases	Bom	2	2
		Não	0				Regular	1	
	Acesso à frente de trabalho	Sim	2	2			Inexistente	0	
		Não	0			Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Bom	5	
	Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5			Regular	2	2
		Periodicamente	2				Inexistente	0	
		Inexistente	0			Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Outros equipamentos	Sim	1	1			Regular	1	1
		Não	0				Inexistente	0	
	Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	5		Funcionamento do sistema de monit. das ág. sup. lix. e gases	Bom	2	
		Não	0				Regular	1	1
	Drenagem de chorume	Suficiente	5	5			Inexistente	0	
		Insuficiente	1			Funcionamento do monitor. da estab. dos maciços	Bom/Desnec.	2	2
		Inexistente	0				Regular	1	
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	4			Inexistente	0	
		Insuficiente	2			Medidas corretivas	Sim/desnec.	2	2
		Inexistente	0				Não	0	
	Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2			Dados gerais sobre o aterro	Sim	1	
		Insuficiente	1				Não/incompleto	0	0
		Inexistente	0	0		Manutenção dos acessos internos	Boas	2	2
	Drenagem de gases	Suficiente	3	3			Regulares	1	
		Insuficiente	1				Péssimas	0	
		Inexistente	0			Plano de fechamento do aterro	Sim	1	
	Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5				Não	0	0
		Insufic/inexist.	0	0		Sub-total 3	Máximo	52	42
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3		Total (1+2+3)				114
		Insuficiente	1	1	IQA = (Soma dos pontos/140) *10				8,14
		Inexistente	0						
	Monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases	Suficiente	3		IQA				AVALIAÇÃO
		Insuficiente	1	1	0 a 8,00				Condições Inadequadas
		Inexistente	0		8,01 a 10,0				Condições Adequadas
	Monitoramento da estab. de maciços de solo e de lixo	Suficiente/Desnec	3	3					
		Insuficiente	1						
		Inexistente	0						
	Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2						
		Parcialmente	1	1					
		Não	0						
	Sub-total 1	Máximo	48	36					