

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA
MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E PLANO DE
CONTINGÊNCIA/EMERGÊNCIA EM ATERROS
SANITÁRIOS

Heuder Pascele Batista

Belo Horizonte

2010

**DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA
MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E PLANO DE
CONTINGÊNCIA/EMERGÊNCIA EM ATERROS SANITÁRIOS**

Heuder Pascele Batista

Heuder Pascele Batista

**DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA
MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E PLANO DE
CONTINGÊNCIA/EMERGÊNCIA EM ATERROS
SANITÁRIOS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento

Linha de pesquisa: Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Orientador: Prof. Gustavo Ferreira Simões

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2010

B333d

Batista, Heuder Pascele.

Desenvolvimento de diretrizes para monitoramento geotécnico e plano de contingência/emergência em aterros sanitários [manuscrito] / Heuder Pascele Batista. – 2010.

viii, 147 f., enc.: il.

Orientador: Gustavo Ferreira Simões.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Inclui apêndices e anexos.

Bibliografia: f.66-68.

1. Saneamento - Teses. 2. Resíduos sólidos - Teses. 3. Aterro sanitário - Teses. 4. Delphi, Método – Teses. 5. Gestão de emergências - Teses. I. Simões, Gustavo Ferreira. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte – BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

http://www.smarh.eng.ufmg.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E PLANO DE CONTINGÊNCIA/EMERGÊNCIA EM ATERROS SANITÁRIOS

HEUDER PASCELE BATISTA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:


Prof. GUSTAVO FERREIRA SIMÕES


Profª. LISÉTE CELINA LANGE



Prof. ROBERTO FRANCISCO DE AZEVEDO


Doutor CÍCERO ANTÔNIO ANTUNES CATAPRETA

Aprovada pelo Colegiado do PPG SMARH

Versão Final aprovada por

Prof. Mauro da Cunha Naghettini
Coordenador


Prof. Gustavo Ferreira Simões
Orientador

Belo Horizonte, 03 de novembro de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a concretização deste trabalho.

Agradeço aos professores do DESA e ao programa de Pós-graduação em SMARH/UFMG especialmente ao orientador Prof. Gustavo Ferreira Simões pelas sugestões e dedicação.

A todos os painelistas entrevistados que contribuíram para o trabalho na resposta dos questionários, colaborando com as informações.

À SLU – Superintendência de Limpeza Urbana pela colaboração nas informações e apoio.

Ao Dr. Cícero Antonio Antunes Catapreta pela amizade e trabalhos em conjunto.

Aos Meus Pais pela oportunidade e educação, à minha Família, em especial à Carmen Lúcia e Thiago pela força e paciência.

RESUMO

A tendência à verticalização dos aterros sanitários, principalmente nos grandes centros urbanos, tem sido cada vez mais frequente e como consequência tem-se observado um número crescente de acidentes geotécnicos. Estes acidentes podem ocorrer por causas naturais, mas, na maioria das vezes as causas estão relacionadas a projetos inadequados, ausência ou ineficiência de sistemas de drenagem de líquidos e gases, problemas construtivos e operacionais e inexistência de programas de monitoramento ambiental e geotécnico, que poderiam ajudar na identificação de comportamentos não esperados.

Existem diversos trabalhos publicados sobre acidentes geotécnicos ocorridos em aterros sanitários, mas dificilmente são encontrados relatos sobre inspeções periódicas ou a existência de planos de contingência ou de emergência. As variações de modelos de monitoramento ambiental, geotécnico e operacional em aterros sanitários são esperadas e necessárias devido às características particulares de cada empreendimento. Embora a literatura apresente inúmeros trabalhos sobre inspeções, análises de risco, planos de contingência e de ações emergenciais em indústrias e barragens, a aplicação desses conceitos aos aterros sanitários ainda é incipiente.

Este trabalho tem como objetivo identificar as melhores técnicas de monitoramento geotécnico e desenvolver diretrizes para inspeção e ações emergenciais que possam ajudar aos técnicos e operadores de aterros sanitários a projetar, operar, monitorar, inspecionar e manter o controle em situações extremas. Utilizou-se a metodologia Delphi, com envio de questionários a um conjunto de especialistas, formado por pesquisadores, consultores e operadores de aterros sanitários. O questionário abordava as diversas fases de um aterro sanitário e os parâmetros, métodos e procedimentos relacionados às fases, solicitando aos respondentes a indicação da importância de cada item para aterros de médio e grande porte, na situação atual e a melhor prática que poderia ser recomendada. Os resultados foram tratados estatisticamente, tendo sido necessárias duas rodadas para que o consenso das opiniões fosse alcançado.

Os resultados permitiram traçar um diagnóstico da situação atual referente aos estudos, projetos e monitoramento de aterros sanitários de médio e de grande porte. Com base nos resultados da análise dos questionários foram propostas diretrizes para a realização de monitoramento geotécnico e para a elaboração de planos de contingência e emergência nesses empreendimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos, Aterros sanitários, Monitoramento geotécnico, Plano de ações emergenciais, Plano de contingência, Metodologia Delphi.

ABSTRACT

A trend toward verticalization of sanitary landfills, especially in large cities, has been increasing, as well as the number of geotechnical accidents observed. These accidents can occur by natural causes, but in most cases they are related to inadequate design, absence or inefficiency of liquids and gases drainage systems, construction and operating problems and inexistence of environmental and geotechnical monitoring programs, which could help identifying unexpected behaviors.

There are many papers describing geotechnical accidents in landfills, but reports of periodic inspections or the existence of emergency and contingency plans are hardly found. Different models of environmental, geotechnical and operational monitoring of landfills are expected and necessary, due to the particular characteristics of each project and site. Although literature presents a large number of works on inspections, risk assessments, emergency and contingency plans for industries and dams, the application of these concepts to landfills is still incipient.

This work aims to identify the best practices for geotechnical monitoring of landfills and develop guidelines for inspection and emergency actions that can help to technicians and operators of landfills to design, operate, monitor, inspect and keep track in extreme situations. The Delphi methodology was used and questionnaires were sent to a group of experts, formed by researchers, consultants and operators of landfills.

The questionnaire addressed the phases of a landfill and the parameters, methods and procedures related to them, asking respondents to indicate the importance of each item to medium and large landfills, in the current situation and the best practice that could be recommended. The results were statistically analyzed and after two rounds the consensus of opinion was reached.

The results allowed drawing a diagnosis of the current situation regarding studies, projects and monitoring of medium and large landfills. Based on the results of the questionnaires analysis, guidelines for carrying out geotechnical monitoring programs and developing emergency and contingency plans of these projects were proposed.

KEYWORDS: Municipal solid waste, Sanitary landfills, Geotechnical monitoring, Emergency and Contingency plan, Delphi methodology.

SUMÁRIO

RESUMO	II
ABSTRACT	III
SUMÁRIO.....	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3 REVISÃO DA LITERATURA	6
3.1 FASE DE ESTUDOS.....	6
3.1.1 <i>Parâmetros a serem observados</i>	6
3.2 FASE DE PROJETOS.....	7
3.2.1 <i>Critérios de projeto dos aterros sanitários</i>	7
3.3 FASE DE MONITORAMENTOS EM ATERROS SANITÁRIOS	10
3.3.1 <i>Monitoramento geotécnico</i>	10
3.3.2 <i>Históricos de acidentes geotécnicos registrados em aterros sanitários</i>	11
3.3.3 <i>Itens do monitoramento geotécnico</i>	14
3.3.4 <i>Monitoramento durante a operação</i>	19
3.3.5 <i>Monitoramentos após encerramento</i>	22
3.4 METODOLOGIA DELPHI.....	23
3.5 ANÁLISE DE ESTABILIDADE, RISCO E AÇÕES EMERGÊNCIAS	24
3.5.1 <i>Análise de estabilidade</i>	24
3.5.2 <i>Análise de risco</i>	26
3.5.3 <i>Plano de ações emergenciais</i>	30
4 METODOLOGIA.....	32
4.1 SELEÇÃO DE ESPECIALISTAS	32
4.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	33
4.3 QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO.....	34
4.4 CONSIDERAÇÕES.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO NA FASE I	39
5.1.1 <i>Estudos</i>	39
5.1.1.1 <i>Geotecnia</i>	40
5.1.2 <i>Projetos</i>	40
5.1.2.1 <i>Sistema de drenagem de gases</i>	41
5.1.2.2 <i>Camada de cobertura</i>	41
5.1.2.3 <i>Projeto geométrico</i>	42
5.1.3 <i>Análise geral das respostas ao questionário fase I</i>	43
5.2 ANÁLISES E RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO FINAL	44
5.2.1 <i>Monitoramento geotécnico</i>	44
5.2.2 <i>Controle tecnológico dos materiais terrosos e pétreos</i>	44
5.2.3 <i>Recalques Verticais</i>	44
5.2.4 <i>Movimentações horizontais</i>	45
5.2.5 <i>Poropressões nos líquidos</i>	46
5.2.6 <i>Poropressões nos gases</i>	46

5.2.7	<i>Outros aspectos – ensaios nos resíduos</i>	47
5.2.8	<i>Inspecões visuais</i>	47
5.2.9	<i>Análise de risco/ações emergenciais</i>	48
5.2.9.1	Análises de risco/ações emergenciais	48
5.2.9.2	Cenários para caracterização dos riscos.....	49
5.2.9.3	Ações em situações de emergência após incidentes	49
5.2.9.4	Ações em situações de emergência após acidentes.....	50
5.2.9.5	Plano de emergência.....	50
5.2.9.6	Parâmetros operacionais	51
5.2.10	<i>Comentários dos respondentes sobre a segunda rodada</i>	51
5.2.11	<i>Considerações finais</i>	52
5.3	RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS QUESTIONÁRIOS POR SITUAÇÃO E PORTE	52
5.3.1	<i>Prática atual para aterros de médio porte</i>	52
5.3.2	<i>Prática atual para aterros de grande porte</i>	54
5.3.3	<i>Melhor prática ou situação ideal para aterros de médio porte</i>	56
5.3.4	<i>Melhor prática ou situação ideal para aterros de grande porte</i>	59
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	63
6.1	CONCLUSÕES	63
6.2	RECOMENDAÇÕES.....	65
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
8	APÊNDICES	69
8.1	APÊNDICE A - MODELO DE E-MAIL ENVIADO AOS PARTICIPANTES NA PRIMEIRA ETAPA OU FASE 1 DO QUESTIONÁRIO.	69
8.2	APÊNDICE B - MODELO DE E-MAIL ENVIADO AOS PARTICIPANTES NA SEGUNDA ETAPA OU FASE 2 DO QUESTIONÁRIO.	70
8.3	APÊNDICE C - MODELO DE CARTA ENVIADA AOS PARTICIPANTES NA PRIMEIRA ETAPA OU FASE 1 DO QUESTIONÁRIO.	71
8.4	APÊNDICE D - MODELO DE CARTA ENVIADA AOS PARTICIPANTES NA SEGUNDA ETAPA OU FASE 2 DO QUESTIONÁRIO.	73
8.5	APÊNDICE E - MODELO DE QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PARTICIPANTES NA PRIMEIRA ETAPA OU FASE 1.....	75
8.6	APÊNDICE F - EXEMPLO DE QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PARTICIPANTES NA PRIMEIRA ETAPA OU FASE 1 RESPONDIDO.....	85
8.7	APÊNDICE G - QUESTIONÁRIO FASE 1 RESPONDIDO - VALORES	95
8.8	APÊNDICE H - MODELO DE QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PARTICIPANTES NA SEGUNDA ETAPA OU FASE 2.....	105
8.9	APÊNDICE I - RESULTADOS E ENTREGA DO QUESTIONÁRIO FINAL	108
8.10	APÊNDICE J - RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO FINAL FASE 2 – EM NÚMEROS.....	111
8.11	APÊNDICE K - COMENTÁRIOS DOS RESPONDENTES SOBRE A PRIMEIRA RODADA	114
8.12	APÊNDICE L - INFORMAÇÕES ADICIONAIS FASE 1	116
8.13	APÊNDICE M - DIRETRIZES PARA INSPEÇÃO GEOTÉCNICA EM ATERROS SANITÁRIOS.....	118
8.14	APÊNDICE N - DIRETRIZES PARA ANÁLISE DE RISCO.....	121
8.15	APÊNDICE O – PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL - PAE.....	128
9	ANEXO	144
9.1	ANEXO I - MODELO DE PLANO DE CONTINGÊNCIA E EMERGÊNCIA DE UM ATERRO SANITÁRIO DE GRANDE PORTE.....	144

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
CTRS	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos
SLU/BH	Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
PAE	Plano de Ação Emergencial
CRA	Centro de Recursos Ambientais
PCR	Programa de Comunicação de Riscos
PEAD	Polietileno de Alta Densidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Equipamento utilizado para perfuração de poços de extração de Biogás – Aterro Sanitário BR-040 – BH.....	9
Figura 3.2 - Equipamento utilizado para perfuração de poços de extração de Biogás – Aterro Sanitário BR-040 –BH.....	9
Figura 3.3 - Cabeçote de final de perfuração e conexões para extração de biogás - Aterro Sanitário Bandeirante (Kaimoto, 2004)	9
Figura 3.4 - Cabeçote de final de perfuração e conexões para extração de biogás - Aterro BR-040 – BH	9
Figura 3.5 - Junção de várias mangueiras saídas dos cabeçotes – redução de tubulações - Aterro Sanitário BR-040 – BH.....	9
Figura 3.6 - Aterro Sanitário Bandeirantes (SP) - Antes e após a Ruptura.....	11
Figura 3.7 - Aterro Sanitário São João (SP) - Após a ruptura.....	11
Figura 3.8 - Vista do escorregamento aterro Payatas - Filipinas.....	12
Figura 3.9 - Desenho esquemático de um piezômetro tipo Vector. (Cepollina, 2004)	14
Figura 3.10 - Medidores de recalques – Aterro Sanitário BR-040 - BH.....	15
Figura 3.11 - Esquema das movimentações dos medidores de recalques superficiais, em perfil (Simões <i>et al.</i> , 2006)	15
Figura 3.12 - Representações dos perfis de monitoramento de medidores de recalques superficiais ao longo do tempo – Aterro Sanitário BR-040 - BH.....	16
Figura 3.13 - Comparativo do perfil 3 – relação recalque x tempo.....	17
Figura 3.14 - Detalhe dos recalques nos últimos 10 metros	17
Figura 3.15 - Resultados da condutividade hidráulica x peso específico (Azevedo <i>et al.</i> , 2009).....	21
Figura 3.16 - Sequencia de execução do Método <i>Delphi</i> (adaptado Giovinazzo <i>et al.</i> , 2000)...	24
Figura 4.1 - Fluxograma das etapas da pesquisa	33
Figura 8.1 - Perfil de um aterro hipotético	124
Figura 8.2 - Cenário 1: Ruptura dos taludes do aterro sanitário, sem danos ao dique de contenção (se houver)	124
Figura 8.3 - Cenário 2: ruptura dos taludes acima do dique de contenção.....	125
Figura 8.4 - Cenário 3: ruptura dos taludes e do solo de fundação	125
Figura 8.5 - Cenários hipotéticos com relação de volume escorregado e proximidade das instalações (adaptado de CODEBA, 2001).....	132
Figura 8.6 - Estrutura Organizacional (adaptado de CODEBA, 2001).....	133
Figura 8.7 - Fluxograma de Tomada de Decisões (adaptado de CODEBA, 2001).....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Situação da geração de resíduos no Brasil e a destinação (IBGE, 2008).....	1
Tabela 3.1 - Ocorrências de deslizamentos em aterros sanitários no Brasil (adaptado de Benvenuto, 2007).....	12
Tabela 3.2 - Ocorrências de deslizamentos em aterros sanitários em outros países (adaptado de Kölsch e Ziehmann, 2004; Bligh, 2008).....	13
Tabela 3.3 - Peso específico de resíduos sólidos urbanos (Marques, 2001)	21
Tabela 4.1 - Estrutura do questionário.....	34
Tabela 5.1 - Questões relativas ao controle tecnológico dos materiais terrosos e pétreos.	44
Tabela 5.2 - Questões relativas aos métodos de registro dos recalques verticais.....	44
Tabela 5.3 - Questões relativas aos locais de monitoramento dos recalques verticais.....	45
Tabela 5.4 - Questões relativas às movimentações horizontais.....	45
Tabela 5.5 - Questões relativas aos locais de monitoramento e frequência das movimentações horizontais.....	45
Tabela 5.6 - Questões relativas às poro-pressões nos líquidos.....	46
Tabela 5.7 - Relativas aos locais de monitoramento das poro-pressões nos líquidos	46
Tabela 5.8 - Questões relativas às poro-pressões nos gases	46
Tabela 5.9 - Questões relativas aos locais de monitoramento das poro-pressões nos gases ...	47
Tabela 5.10 - Questões relativas aos outros aspectos – ensaios nos resíduos	47
Tabela 5.11 - Questões relativas às inspeções visuais.....	47
Tabela 5.12 - Questões relativas às frequências das inspeções visuais	48
Tabela 5.13 - Questões relativas às análises de risco/ações emergenciais	48
Tabela 5.14 - Questões relativas aos cenários para caracterização dos riscos.....	49
Tabela 5.15 - Questões relativas às ações em situações de emergência após incidentes	50
Tabela 5.16 - Questões relativas às ações em situações de emergência após acidente	50
Tabela 5.17 - Questões relativas ao plano de emergência	50
Tabela 5.18 - Questões relativas aos parâmetros operacionais.....	51
Tabela 5.19 - Prática atual para aterros de médio porte	53
Tabela 5.20 - Prática atual para aterros de grande porte.....	54
Tabela 5.21 - Situação ideal para aterros de médio porte.....	57
Tabela 5.22 - Situação ideal para aterros de grande porte.....	60
Tabela 8.1 - Questionário Fase 1	75
Tabela 8.2 - Questionário Fase 1 respondido	85
Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores	95
Tabela 8.4 - Questionário Fase 2	105
Tabela 8.5 - Questionário resumo final	108
Tabela 8.6 - Questionário final Fase 2 - números.....	111
Tabela 8.7 - Ficha de inspeção em locais de deposição de resíduos – Visita inicial.....	119
Tabela 8.8 - Ficha de inspeção em locais de disposição de resíduos – Visitas expeditas	120
Tabela 8.9 - Métodos de atendimento às solicitações de alerta, operações e exercícios.....	141
Tabela 8.10 - Modelo de cronograma de implantação e execução do PAE.	143
Tabela 9.1 - Orientação quanto aos riscos potenciais, medidas de controle e monitoramento, medidas de contingência e medidas de emergência	145
Tabela 9.2 - Resumo	147
Tabela 9.3 - Quadro de Contatos	147

1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) está ligada diretamente ao desenvolvimento de uma região, pois quanto mais desenvolvida, sobretudo em relação à industrialização, maiores são o volume, o peso e a diversidade dos resíduos gerados. No Brasil são produzidas cerca de 230 mil toneladas diárias, sendo que mais de 21% destes resíduos vão para lixões a céu aberto (IBGE, 2008).

A situação da construção de aterros sanitários no Brasil como forma de tratamento dos resíduos sólidos tem começado a melhorar no sentido de um aumento deste tipo de tratamento. No entanto, conforme Tabela 1.1, os aterros sanitários ainda se concentram nas regiões mais desenvolvidas.

Tabela 1.1 - Situação da geração de resíduos no Brasil e a destinação (IBGE, 2008)

Região	Quantidade de resíduos (1000 toneladas/dia)	Aterro controlado (%)	Lixão a céu aberto (%)	Aterro sanitário (%)
Sudeste	141,6	46,5	9,7	37,1
Nordeste	41,6	14,7	48,1	36,1
Sul	19,9	24,1	25,6	40,2
Centro-Oeste	14,3	32,9	21,7	39,2
Norte	11,1	27,9	56,8	13,5
Brasil	228,5	37,0	21,1	36,2

Na região sudeste, mais precisamente na cidade de São Paulo, o primeiro aterro sanitário licenciado foi o aterro Bandeirantes em 1986 e posteriormente outros aterros foram implantados em outras regiões como o aterro da Caximba em Curitiba - PR, o aterro da extrema em Gravataí - RS e o aterro da BR 040 em Belo Horizonte - MG.

São consideráveis as variações entre os aterros devido às suas peculiaridades de concepção, implantação, operação, monitoramento e outros. Esta variação acontece até com aterros semelhantes e de mesmo porte.

As técnicas para concepção, estudos, projeto, implantação e operação de aterros sanitários já são consagradas. As legislações são objetivas e, atualmente, a necessidade é de que se tenha um controle mais efetivo na implantação e principalmente no monitoramento dos maciços dos resíduos aterrados para se evitar a ocorrência de acidentes de qualquer natureza. As boas práticas de disposição final, desde o início da escolha de terreno até ao seu encerramento ainda não

são seguidas em todos os países, e quando adotadas, nem todas as cidades utilizam das práticas mais corretas e seguras.

Os monitoramentos operacionais (controle de entrada de resíduos, da disposição dos resíduos dentro do próprio aterro, da compactação dos resíduos, do recobrimento e dos materiais de cobertura a serem empregados, dos sistemas de drenagem etc.), geotécnicos, topográficos, bem como o monitoramento ambiental (qualidade do ar, análises dos sólidos, líquidos lixiviados, águas superficiais, águas subterrâneas, ruídos e outros) tornam-se necessários para que se possa ter maior controle do gerenciamento de um aterro sanitário.

Devem ser considerados também na fase operacional, o porte e as atividades desenvolvidas na área do aterro, como: compostagem, unidades de reciclagem de resíduos de construção civil, unidades de tratamento de líquidos lixiviados, unidade de processamento de podas, unidades de triagem e reciclagem etc.

A implantação de camadas de cobertura final adequadas, a eventual exploração do biogás, atividades de transbordo, transporte de lixiviados e outros, também devem ser considerados na fase de encerramento.

Verifica-se também um grande empenho dos órgãos ambientais em instruir os municípios por meio de encontros, produção de cartilhas e incentivos fiscais para construção de aterros sanitários. Mas, mesmo sendo os aterros sanitários um dos métodos mais acessíveis economicamente, ainda se observa, na grande maioria dos municípios, a prática de disposição de resíduos em lixões.

Em municípios de maior porte, por apresentarem melhor capacidade financeira, maior número de técnicos qualificados ou até mesmo pelo grande volume de resíduos gerados, consegue-se desenvolver projetos e implantar aterros sanitários dentro das melhores técnicas. Observa-se, principalmente nos grandes municípios, uma tendência à verticalização dos aterros sanitários, causada pelo grande volume de resíduos gerados e pela falta de áreas para implantação de novos aterros. Este fato vem demandando a realização de estudos geotécnicos, principalmente nas questões relacionadas à estabilidade dos maciços, mais detalhados e associados a programas de monitoramento geotécnico mais criteriosos, quando comparados aos aterros de pequeno porte.

Aos aterros sanitários são destinados resíduos sólidos com uma heterogeneidade muito grande, dificultando assim, a obtenção de parâmetros que possibilitem o entendimento do seu comportamento geomecânico, principalmente os relacionados à resistência e deformabilidade.

Devido às incertezas, esta situação se refletirá no grau de exigência de programas de monitoramento geotécnico distintos, a serem implantados em cada aterro, já que as técnicas de disposição e operação variam.

Segundo Simões *et al.*, (2003), devido à necessidade de se disporem adequadamente, sob os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, os resíduos sólidos urbanos gerados pelas atividades da sociedade, o estudo do comportamento geomecânico dos resíduos tem apresentado uma significativa evolução, a partir da realização de ensaios de campo e de laboratório, proposição de modelos de comportamento e realização de simulações numéricas, que tem permitido um avanço no conhecimento de parâmetros. Esses estudos vêm sendo realizados e disponibilizados pelos operadores de aterros sanitários e o meio científico. Ao longo do tempo, na medida em que os dados vão sendo coletados, desenvolvem-se critérios particulares para cada aterro em função de suas dimensões, das características e quantidade dos resíduos, do plano operacional e do balanço hídrico da região (CEPOLLINA, 2004).

Nesse contexto, o presente trabalho teve a intenção de pesquisar, com utilização da metodologia *DELPHI*, junto a especialistas e operadores de aterros sanitários, quais são os procedimentos de monitoramento geotécnico utilizados hoje no Brasil e quais seriam as melhores práticas, que possam contribuir para o entendimento do comportamento dos aterros em operação e a serem implantados e ajudar no entendimento do comportamento geotécnico dos médios e grandes maciços de resíduos.

Para isso, desenvolveu-se um questionário abrangente com todas as fases e parâmetros necessários, envolvendo os estudos, projetos, monitoramentos, análise dos riscos e as ações emergenciais e/ou contingência, tendo como foco principal o monitoramento geotécnico. O questionário foi dividido em duas etapas, relacionadas aos aterros de médio e de grande porte. A primeira buscou investigar quais, na opinião dos respondentes, os parâmetros ou procedimentos vem sendo utilizados na prática atual. A segunda etapa buscou obter qual seria a melhor prática de abordar aspectos do monitoramento geotécnico.

O objetivo não foi padronizar procedimentos de monitoramento geotécnico ou operacional, o que se buscou foi oferecer informações sobre o que o grupo de especialistas e operadores de aterros

entende que seria a melhor prática para monitoramento geotécnico atual para ser utilizada nos aterros sanitários e também o desenvolvimento de diretrizes para inspeção e plano de contingência/emergência em aterros sanitários.

Para diferenciação de aterros de médio e grande porte, adotou-se que os de médio porte possuem altura de até 20 (vinte) metros e os de grande porte, acima de 20 (vinte) metros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar um conjunto de diretrizes para a realização de monitoramento geotécnico, plano de contingência e ações emergenciais para aterros sanitários de médio e grande porte, em função dos riscos associados à instabilidade de taludes.

2.2 Objetivos específicos

- Apresentar uma caracterização geral dos riscos relacionados à instabilidade do maciço desenvolvidos durante a operação e após o fechamento de aterros sanitários;
- Indicar os procedimentos operacionais e os parâmetros geotécnicos que devem ser observados durante o desenvolvimento dos estudos, projetos, implantação, operação e encerramento das atividades em aterros sanitários;
- Apresentar diretrizes para inspeção geotécnica como ferramenta para atividades de monitoramento e para plano de contingência e ações emergenciais em caso de ações em situações extremas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi idealizada buscando apresentar e descrever os principais parâmetros necessários ao desenvolvimento das fases de um aterro sanitário, ou seja, estudos, projetos, implantação, operação, monitoramentos e análise dos riscos e ações emergenciais. São também apresentadas as principais características da metodologia *Delphi*, utilizada no desenvolvimento da pesquisa, e conceitos relacionados à análise de estabilidade de aterros, avaliação de risco e elaboração de planos de ações emergenciais.

3.1 Fase de Estudos

3.1.1 Parâmetros a serem observados

Na fase de estudos, vários são os parâmetros necessários para a concepção do aterro sanitário, dentre eles, podem ser destacados:

Relevo

A obtenção das informações topográficas relacionadas à geomorfologia da área onde se implantará o aterro sanitário é importante para inferir, dentre outras, como serão realizadas as obras de fundação, infraestrutura, drenagens e a própria configuração do aterro.

Dados Climatológicos

O conhecimento dos dados climatológicos (precipitação, temperatura, evaporação, umidade relativa, radiação solar, direção e velocidade do vento etc.) permitirá que o projeto incorpore essas informações, possibilitando dentre outros, o dimensionamento do sistema de drenagem superficial, a estimativa da geração de líquidos lixiviados e, conseqüentemente, o dimensionamento dos sistemas de drenagem e tratamento desses líquidos.

Geologia e hidrogeologia

Os estudos geológicos e hidrogeológicos são elementos indispensáveis na avaliação dos potenciais impactos ambientais causados pela disposição de resíduos, principalmente com relação às águas subterrâneas. Esses estudos envolvem, dentre outros elementos, a identificação das camadas do perfil, os níveis do lençol freático e a completa caracterização dos fluxos de água subterrâneos, além da caracterização físico-química e biológica das águas subterrâneas.

Geotecnia

Os estudos geotécnicos objetivam, a partir da realização de ensaios de campo e de laboratório, determinar as propriedades mecânicas e hidráulicas dos solos da fundação do aterro e das jazidas de materiais, fornecendo elementos para a realização de diversas análises e para o desenvolvimento de inúmeros projetos, tais como o projeto geométrico, projeto dos sistemas de impermeabilização de base e de drenagem de líquidos e gases, projeto das camadas de cobertura final, dentre outros.

3.2 Fase de Projetos

3.2.1 Critérios de projeto dos aterros sanitários

Para a apresentação dos projetos de aterros sanitários, recomenda-se que sejam adotadas as normas brasileiras NBR 13896 (ABNT, 1997), que apresenta os critérios de projeto de aterros de resíduos não perigosos e a NBR 8419 (ABNT, 1992), que apresenta as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Os principais itens que compõem o projeto final de engenharia de um aterro sanitário, bem como os parâmetros necessários ao seu desenvolvimento, são apresentados a seguir.

Projeto geométrico

O desenvolvimento do projeto geométrico deve ter como premissas o atendimento da maior vida útil associado às condições de estabilidade geotécnica do maciço. Desta forma, torna-se indispensável o conhecimento de parâmetros relacionados aos RSU (tipo de resíduo, composição gravimétrica, densidade, resistência, deformabilidade, biodegradabilidade, permeabilidade), propriedades dos solos da fundação do aterro, procedimento operacional previsto (espessuras das camadas etc.) e previsão das pressões internas dos gases e líquidos e os recalques.

Sistema de impermeabilização de base

O sistema de impermeabilização de base deve ser definido a partir da análise de critérios, tais como custo, tempo de execução, qualidade, disponibilidade de material e compatibilidade com os líquidos lixiviados. No seu dimensionamento devem ser considerados dados dos solos, bem como os tipos de materiais utilizados, se sintéticos, naturais e/ou mistos, e suas propriedades hidráulicas.

Sistema de drenagem superficial

O desenvolvimento do projeto do sistema de drenagem superficial é baseado nos conceitos clássicos de hidrologia, sendo indispensável o conhecimento dos dados climatológicos da região. As drenagens superficiais são importantes para garantir o escoamento superficial, facilitando também a operação do aterro, evitando erosões e a infiltração de líquidos no aterro. A escolha dos dispositivos do sistema de drenagem superficial, bem como seu dimensionamento, deve considerar a elevada deformabilidade dos RSU, de forma a garantir sua durabilidade e funcionalidade.

Sistema de drenagem interna de líquidos

O projeto do sistema de drenagem interna de líquidos deve ser baseado na avaliação do balanço hídrico do aterro. Na geometria dos componentes devem ser considerados aspectos como custos, eficiência e durabilidade dos materiais. As drenagens internas são essenciais para condução/remoção dos líquidos lixiviados para o exterior do aterro, conferindo maior estabilidade e evitando a saturação do maciço. A remoção dos líquidos também evitará infiltrações no solo de fundação.

Sistema de drenagem de gases

O dimensionamento do sistema de drenagem de gases deve ser baseado na estimativa de geração de gases e deve considerar a possibilidade de exploração energética. O conhecimento da composição gravimétrica dos RSU bem como da técnica de disposição e das condições climatológicas da área são parâmetros necessários ao desenvolvimento do projeto.

KAIMOTO *et al.* (2004) destacam em trabalho sobre aproveitamento de biogás em aterros, que nas décadas passadas a questão da drenagem de biogás era somente analisada por fatores sanitários. Principalmente em países como Brasil, onde a presença de matéria orgânica nos resíduos é alta e os teores de umidade elevados, criam-se condições favoráveis para a geração do biogás. Atualmente, além desta preocupação sanitária e a necessidade da verticalização dos aterros, principalmente devido à falta de áreas nos grandes centros urbanos para construção dos mesmos, tem surgido a oportunidade econômica da exploração e tratamento do biogás para redução das emissões dos gases nocivos a atmosfera e aproveitamento energético. Os autores destacam também que além desta oportunidade, devem ser consideradas as possíveis influências da exploração dos gases nos recalques, principalmente nos recalques diferenciais.

As Figuras 3.1 e 3.2 mostram equipamentos de perfuração de poços de extração de biogás em aterros sanitários e as Figuras 3.3 e 3.4 mostram os drenos concluídos e a sua finalização com “cabeçotes”. Na Figura 3.5 mostra-se o equipamento de redução ou junção de várias tubulações para condução até o sistema de queima controlada ou outra destinação adequada, como por exemplo, a geração de energia.



Figura 3.1 - Equipamento utilizado para perfuração de poços de extração de Biogás – Aterro Sanitário BR-040 – BH



Figura 3.2 - Equipamento utilizado para perfuração de poços de extração de Biogás – Aterro Sanitário BR-040 –BH



Figura 3.3 - Cabeçote de final de perfuração e conexões para extração de biogás - Aterro Sanitário Bandeirante (Kaimoto, 2004)



Figura 3.4 - Cabeçote de final de perfuração e conexões para extração de biogás - Aterro BR-040 – BH



Figura 3.5 - Junção de várias mangueiras saídas dos cabeçotes – redução de tubulações - Aterro Sanitário BR-040 – BH

Cabe ressaltar a importância dos sistemas de drenagem de líquidos e de gases na estabilidade geotécnica dos aterros sanitários, na medida em que uma das principais causas de rupturas em aterros são as condições de poro-pressões no interior dos maciços de RSU.

Sistema de cobertura final

O projeto do sistema de cobertura final tem como principais objetivos controlar a entrada de água e as emissões de gases para a atmosfera, além de criar condições para o estabelecimento de vegetação, possibilitando a reintegração ambiental da área após o fechamento. Devido ao promissor mercado de créditos de carbono, especial atenção tem sido dada às camadas de cobertura final dos aterros. O dimensionamento das camadas deve considerar, além das propriedades hidráulicas dos materiais, a interação das camadas com a atmosfera, visto que as chamadas camadas alternativas (evapotranspirativas e barreira capilar) tem se mostrado mais viáveis economicamente em diversas situações climáticas.

Apesar das normas técnicas fornecerem importantes recomendações e diretrizes para o desenvolvimento dos projetos, observa-se que a periodicidade do processo de revisão das mesmas deveria ser intensificado, pois nota-se um significativo avanço no desenvolvimento científico relacionado ao entendimento do comportamento geomecânico dos RSU e dos aterros sanitários. Além disso, o porte dos aterros sanitários vem se tornando cada vez maior, o que exige dos projetistas a realização de estudos mais detalhados, principalmente os relacionados à segurança ambiental e estrutural desses empreendimentos.

3.3 Fase de Monitoramentos em aterros sanitários

3.3.1 Monitoramento geotécnico

A questão geotécnica que envolve os aterros sanitários tem sido pesquisada, talvez não com a abrangência necessária, face, principalmente ao desconhecimento das diversas particularidades do comportamento geomecânico dos resíduos sólidos urbanos.

Eid *et al.* (2000), Stark (2000), Benvenuto & Cunha (1991) e Pañalozza (1998) destacam que alguns deslizamentos ocorridos têm sido atribuídos à ausência da verificação do comportamento dos resíduos dispostos e das variáveis que interferem no processo.

Segundo Cepollina *et al.* (2004), os monitoramentos geotécnicos realizados no Brasil se restringem somente ao aterros sanitários de grande porte, mesmo assim, verifica-se uma variação de procedimentos e tipos de monitoramentos entre eles, tanto no critério de instrumentações instaladas, quanto da frequência de monitoramento, além disso, não há normas nem critérios consagrados.

Simões *et al.* (2003) destacam que, devido a necessidade de dispor adequadamente sob os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, os resíduos sólidos urbanos gerados pelas atividades da sociedade, tem gerado uma significativa evolução no estudo do comportamento de tais materiais. Nos últimos anos, uma maior atenção tem sido dada ao comportamento geomecânico dos aterros sanitários, principalmente no que se refere à estabilidade dos mesmos.

3.3.2 Históricos de acidentes geotécnicos registrados em aterros sanitários

Ao longo da história, vários acidentes ocorreram em aterros sanitários, alguns de grandes proporções e outros de menores proporções, mas também causando impactos negativos. Torna-se difícil também fazer correlações entre os acidentes e suas causas, devido à falta de informações e quais as medidas foram tomadas. Nas Figuras 3.6 a 3.8 são apresentados alguns aterros onde ocorreram tais acidentes, com grandes repercussões, conforme descrito em Benvenuto (1991), Benvenuto (2007) e (Kölsch e Ziehman *et al.*, 2004).



Figura 3.6 - Aterro Sanitário Bandeirantes (SP) - Antes e após a Ruptura



Figura 3.7 - Aterro Sanitário São João (SP) - Após a ruptura



Figura 3.8 - Vista do escorregamento aterro Payatas - Filipinas

As Tabelas 3.1 e 3.2 apresentam vários acidentes ocorridos no Brasil e em outros Países. Percebe-se a dificuldade de se correlacionar volumes deslizados com a questão de distância do escorregamento. Algumas variáveis e particularidades dos aterros, tais como: topografia, tipo de solo, tipo de resíduo, diferenças operacionais (compactação, sistemas de drenagens, tipos de cobertura final) e outros, também dificultam as correlações.

Tabela 3.1 - Ocorrências de deslizamentos em aterros sanitários no Brasil (adaptado de Benvenuto, 2007)

Ano	Aterro	Volume deslizado (m ³)	Altura do aterro (m)	Distância percorrida (m)
1991	Bandeirantes (SP)	65.000	120	250
1992	Itapecerica da Serra (SP)	8.000	-	-
1995	Mauá (SP)	100.000	-	-
2000	Itaquaquecetuba (SP)	1.000.000	-	-
2004	Juiz de Fora (MG)	70.000	-	-
2004	Guaryjá (SP)	40.000	-	-
2006	Itapecerica da Serra (SP)	15.000	-	-
2007	Sítio São João (SP)	220.000	120	120
2011	Itaquaquecetuba (SP)	300.000	-	-

Tabela 3.2 - Ocorrências de deslizamentos em aterros sanitários em outros países
(adaptado de Kölsch e Ziehmanm, 2004; Bligth, 2008)

Ano	Aterro	Volume deslizado (m ³)	Altura do aterro (m)	Distância percorrida (m)
1993	Istambul (Turquia)	12 a 15.000	40	60
1996	La Coruña (Espanha)	1.400.000	-	-
1996	Rumpke (EUA)	1.200.000	75	360
1997	Dona Juana (Colômbia)	1.500.000	65	150
1997	Sarajevo (Iugoslávia)	200.000	50	1000
1997	Durban (África d Sul)	150 a 180.000	45	80
2000	Payatas (Filipinas)	16.000	25	40
2001	Navarro (Colômbia)	250.000	-	-
2005	Leuwigaiah (Indonésia)	2.700.000	70	900

As referências bibliográficas sobre monitoramento e casos de acidentes em aterros sanitários são relativamente recentes. Blight (2008), em comentário e revisão de vários acidentes ocorridos, conforme apresentado na Tabela 3.2, relata que houve alguns registros anteriores a 1997, mas, só a partir desta data, em seis destes locais de disposição de RSU, sendo quatro deles aterros controlados/lixões e dois aterros sanitários, é que houve o primeiro registro técnico sobre acidente ocorrido em aterro, em Sarajevo, Iugoslávia. Os acidentes sempre aconteceram, mas, pela falta de registro, de informações operacionais ou práticas impróprias, nem sempre foram relatados.

Segundo Simões *et al.* (2003) o monitoramento geotécnico dos aterros sanitários deve ser previsto quando da elaboração do plano de monitoramento ambiental, na fase de projeto, devendo-se prever uma sistemática de monitoramento geotécnico que permita avaliar de forma contínua e sistemática as condições de estabilidade e o comportamento do maciço, tanto em termos de recalques e deslocamentos, como de geração e variabilidade das pressões internas de líquidos e gases.

O monitoramento geotécnico de um aterro de resíduos sólidos urbanos deve compreender (Oliveira e Mahler, 1998; Jucá *et al.*, 1999; Simões *et al.*, 2003):

- Controle de deslocamentos verticais e horizontais;
- Controle do nível e da pressão nos líquidos e pressão de biogás no maciço do aterro;
- Controle da descarga de líquidos lixiviados através de drenos;
- Inspeções periódicas, buscando-se indícios de erosão, trincas entre outros;
- Controle tecnológico dos materiais de construção empregados nas obras civis.

3.3.3 Itens do monitoramento geotécnico

Medidas de poro-pressões

Com o objetivo de avaliar as poro-pressões nos líquidos e gases nos diques de contenção e no interior do aterro sanitário, subsidiando, dessa forma, a avaliação da estabilidade do maciço de resíduos, deve ser prevista a instalação de piezômetros, conforme descritos por Antoniutti Neto *et al.* (1995) e apresentados na Figura 3.9

Esses piezômetros são constituídos de dois tubos concêntricos, o interno para o registro da pressão nos líquidos e o externo para a avaliação da pressão no gás. Segundo os autores, esse tipo de piezômetro (denominado Vector) mostra-se adequado, pois evita a formação de bolhas de gás, observadas quando da utilização dos piezômetros de tubo aberto convencionais, o que cria falsos níveis de líquidos.

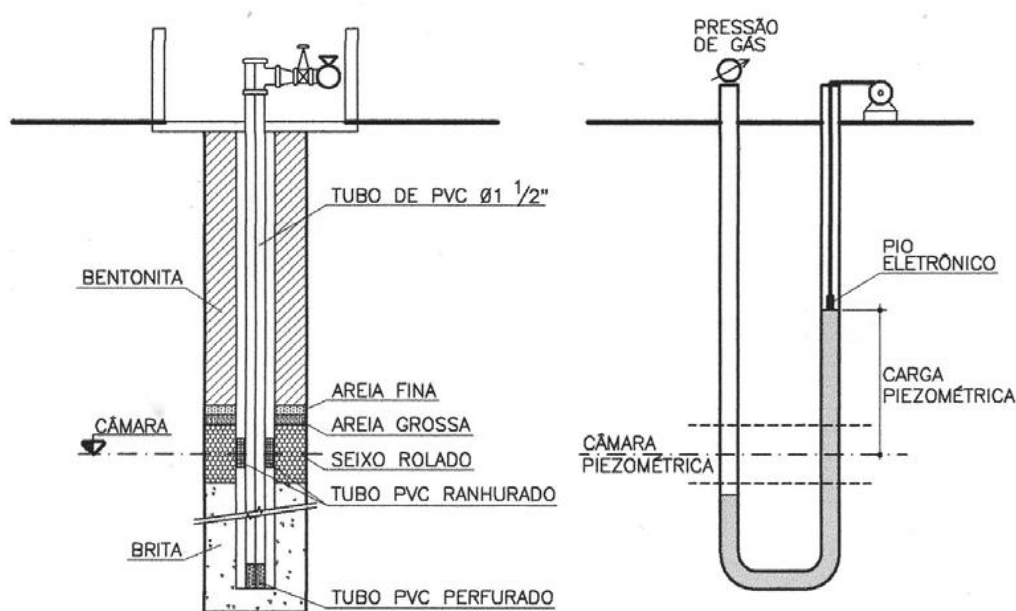


Figura 3.9 - Desenho esquemático de um piezômetro tipo Vector. (Cepollina, 2004)

Medidas de recalques superficiais e em profundidade

É muito importante conhecer os recalques em qualquer obra geotécnica. No caso dos aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos, tal conhecimento permite, por exemplo:

- A estimativa da vida útil dos mesmos;
- A avaliação da integridade dos sistemas de revestimento, de cobertura e dos dispositivos de drenagem de líquidos percolados e gases;

- O desenvolvimento de estudos para reaproveitamento das áreas ocupadas após o fechamento dos aterros;
- Quando realizado juntamente ao monitoramento físico-químico dos resíduos, a possibilidade de estabelecimento de correlações entre recalques e degradação dos resíduos;
- Os recalques e a verificação visual da ocorrência de trincas na cobertura de bermas e taludes são indicadores de falhas e comprometimento da estabilidade da massa de resíduos;
- Avaliar as mudanças na compressibilidade em função da degradação dos resíduos prevendo-se a instalação de medidores de recalque em profundidade no interior da massa de resíduos.

O controle dessas movimentações verticais e horizontais normalmente é realizado por meio do registro topográfico sistemático, em medidores de recalque superficiais, confeccionados com uma haste metálica fixada a uma placa de concreto e instalada na camada de resíduos abaixo da camada de cobertura. O instrumento de topografia é colocado na haste e então são feitas a leitura das coordenadas, conforme apresentado nas Figuras 3.10 e 3.11.

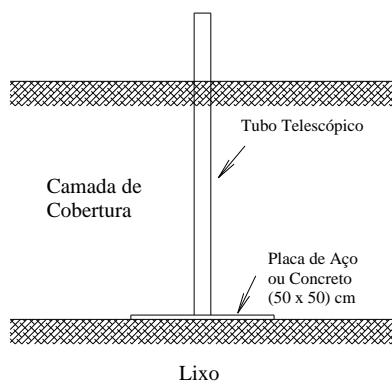


Figura 3.10 - Medidores de recalques – Aterro Sanitário BR-040 - BH

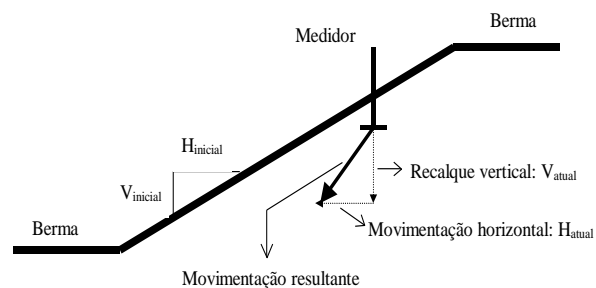


Figura 3.11 - Esquema das movimentações dos medidores de recalques superficiais, em perfil (Simões *et al.*, 2006)

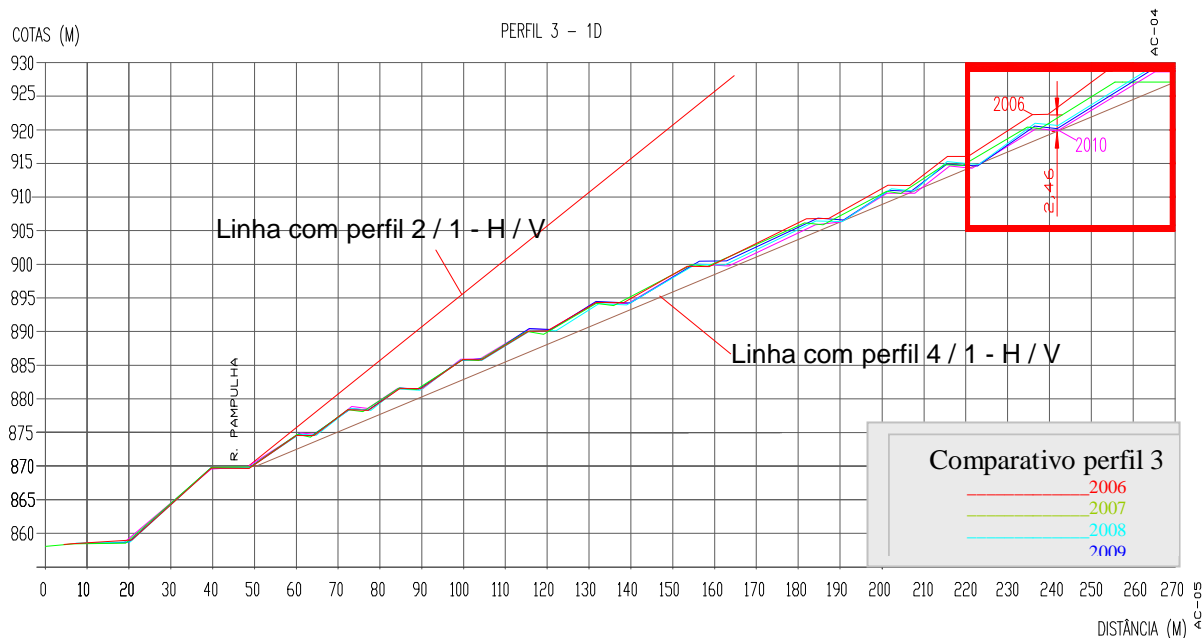


Figura 3.13 - Comparativo do perfil 3 – relação recalque x tempo

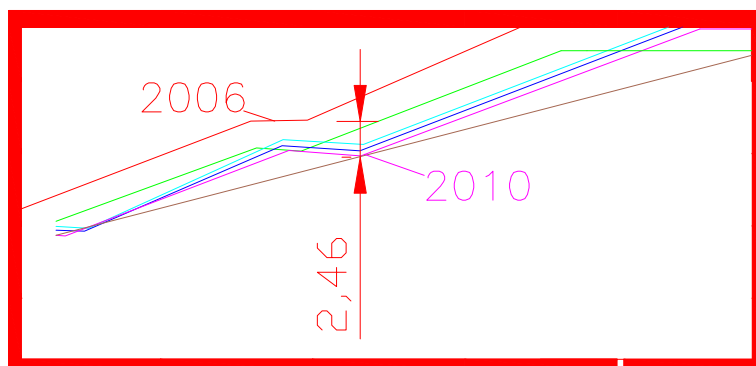


Figura 3.14 - Detalhe dos recalques nos últimos 10 metros

Topografia

Os serviços de topografia também são de extrema importância para o acompanhamento operacional e de monitoramento dos aterros sanitários. Na fase operacional devem ser acompanhados: a inclinação da rampa de compactação, a geometria do aterro com a devida configuração das camadas, taludes e bermas e no monitoramento geotécnico. No decorrer do aterramento e à medida que o aterro for tomando grandes alturas, será fundamental na verificação dos recalques e fornecimento do histórico para embasamento de estudos como as análises de estabilidade. A Figura 3.13 mostra como os recalques são consideráveis quando se verifica um perfil original de projeto e a situação real em campo. O Comparativo da linha base de projeto com perfil 2H:1V com perfil atual (2010) 4H:1V, do Aterro Sanitário BR-040 SLU-BH (Perfil 3) mostra que em 4 anos, verificou-se aproximadamente 2,46m de recalque.

Medidas de permeabilidade

O controle da permeabilidade dos diversos materiais (camada de impermeabilização de base, diques, camadas de cobertura e resíduos) pode ser realizado por meio de ensaios de campo, utilizando permeâmetro de *Guelph* ou em furos de sondagens, e de ensaios de laboratório, utilizando permeâmetros de parede rígida e flexível.

Medidas de movimentações internas

A instalação de inclinômetros nos diques de contenção e no interior do maciço de RSU permite a avaliação das movimentações internas e a identificação de processos de instabilização. Embora usuais em obras geotécnicas, tais como barragens e encostas, a sua utilização em aterros sanitários ainda é incipiente.

Medidas de tensões totais

Outro instrumento que pode ser utilizado em obras geotécnicas é a célula de pressão total. Ainda pouco utilizada em aterros sanitários, poderia fornecer importantes informações sobre a variação da densidade dos resíduos ao longo do tempo e, quando associadas aos registros de poro-pressões obtidos nos piezômetros, permitir a estimativa das tensões efetivas.

Controle tecnológico dos materiais terrosos e pétreos

O controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados na construção do aterro deve ser realizado por meio de ensaios de laboratório (caracterização geotécnica, compactação permeabilidade, adensamento e resistência) e de ensaios de campo (controle de compactação e permeabilidade).

Realização de Provas de carga e ensaios de campo

Embora ainda pouco utilizadas, as propriedades de resistência e compressibilidade dos resíduos podem ser avaliadas por meio da realização de provas de carga e ensaios de resistência em campo.

Inspeções de campo

As inspeções de campo funcionam como complemento indispensável ao monitoramento geotécnico e envolve a observação das condições dos sistemas de drenagem superficial, processos erosivos, ocorrência de trincas, falta de material de cobertura, falha na proteção vegetal, afundamentos localizados, inclinação nas drenagens de gás, embarrigamento de taludes, desalinhamento acentuado de taludes, escorregamentos localizados de taludes,

desalinhamento dos dispositivos de drenagens superficiais, surgências de líquidos lixiviados em taludes ou bermas e surgências de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas.

Registro de dados pluviométricos e de vazão de líquidos lixiviados

Como atividade complementar ao monitoramento, também se realiza o acompanhamento dos dados pluviométricos e da vazão de líquidos lixiviados que fornecem elementos para a avaliação do balanço hídrico no aterro e um controle do sistema de drenagem.

3.3.4 Monitoramento durante a operação

Segundo Kaimoto (2004), relatando sobre a experiência desenvolvida no aterro Bandeirantes em São Paulo sobre o monitoramento em aterros de grande porte, cita que só os aterros das grandes cidades são monitorados, mesmo assim, com diferentes procedimentos. Comenta ainda que para aterros de menor porte, com população entre 50.000 e 200.000 habitantes, a imposição de um plano de monitoramento similar a dos aterros de grande porte seria irreal e onerosa.

O autor relata também que os fatores a serem levados em conta na elaboração do plano de monitoramento geomecânico são:

- Tipo de aterro: vala, trincheira ou área;
- Características topográficas da área;
- Características geotécnicas do solo de fundação;
- Geometria, ou seja, altura e inclinação dos taludes;
- Demanda, ou velocidade de subida dos taludes;
- Tipo de resíduo aterrado e sua densidade;
- Drenagem interna;
- Pluviometria;
- Consequências de eventuais comportamentos desfavoráveis, dentre outros.

Resume seu trabalho relatando sobre a obrigatoriedade dos monitoramentos geomecânicos como forma de obter maiores controles e sugere que cada aterro deverá desenvolver seu próprio tipo de monitoramento, em função de suas próprias características.

Segundo Simões *et al.* (2003) algumas dificuldades observadas durante o período de monitoramento, merecem destaque:

- A interferência da instrumentação na operação do aterro, que ocasionam a perda de instrumentos;
- A execução de furos no interior da massa de resíduos para a realização de ensaios e instalação de instrumentos;
- Amostragem de sólidos em profundidade;
- Interpretação dos resultados, tendo em vista a complexidade do comportamento e a heterogeneidade dos resíduos;
- A agressividade do meio, que demanda a utilização de materiais capazes de suportar as severas condições encontradas no interior dos aterros sanitários;
- A necessidade de adaptação e desenvolvimento de novos instrumentos geotécnicos adequados aos aterros sanitários.

Mesmo com essas dificuldades, o monitoramento operacional deve ser realizado, principalmente nos aspectos relacionados ao controle da densidade dos resíduos aterrados.

A associação do controle topográfico regular e sistemático da área de disposição e o controle da pesagem dos resíduos permitem a estimativa da densidade dos resíduos aterrados. O seu conhecimento permite que as hipóteses de projeto sejam permanentemente aferidas e que medidas possam ser tomadas para a correção de eventuais distorções. Caso o procedimento operacional não esteja resultando nas densidades previstas e utilizadas na etapa de projeto, principalmente nas questões de vida útil e estabilidade geotécnica, o procedimento operacional ou até o projeto geométrico deve ser revisto.

Encontram-se na literatura valores de densidade dos resíduos tão baixos quanto $1,2 \text{ kN/m}^3$, em aterros mal compactados e com elevado teor de materiais plásticos, até valores de $17,0 \text{ kN/m}^3$ em aterros muito compactados (Carvalho, 1999; Santos, 1997).

Fassett *et al.* (1994) apresentaram valores de peso específico variando desde 3 até 9 kN/m^3 em camada que tenha recebido uma pequena compactação, 5 a 8 kN/m^3 para compactação moderada, e 9 a $10,5 \text{ kN/m}^3$ em camada com compactação boa. Na Tabela 3.3 são apresentados valores de pesos específicos apresentados por outros pesquisadores.

Tabela 3.3 - Peso específico de resíduos sólidos urbanos (Marques, 2001)

Características dos Resíduos	Peso Específico (kN/m ³)	Referência
RSU não compactado	2,9	
RSU medianamente compactado	4,7 a 5,9	Schomaker (1972)
RSU bem compactado	8,8	
RSU pouco compactado	5,5 a 6,9	Sargunan <i>et al.</i> (1986)
RSU bem compactado	6,8 a 16,2	Landva e Clark (1986)
RSU bem compactado	5,4 a 8,0	Watts e Charles (1990)
RSU compactado	6,3 a 9,4	Oweis e Khera (1990)
RSU (sem relato sobre a compactação dos materiais)	15	Richardson e Reynolds (1991)
RSU mal compactado	3,0 a 9,0	
RSU medianamente compactado	5,0 a 8,0	Fasset <i>et al.</i> (1994)
RSU bem compactado	9,0 a 10,5	
RSU (sem relato sobre a compactação dos materiais)	10,0 a 15,0	Zonrberg <i>et al.</i> (1999)

Azevedo *et al.* (2009) observaram, em experiência realizada com equipamento para verificação do coeficiente da condutividade hidráulica, que quanto mais baixo é o peso específico, maior é o coeficiente de permeabilidade e vice-versa, conforme mostrado na Figura 3.15.

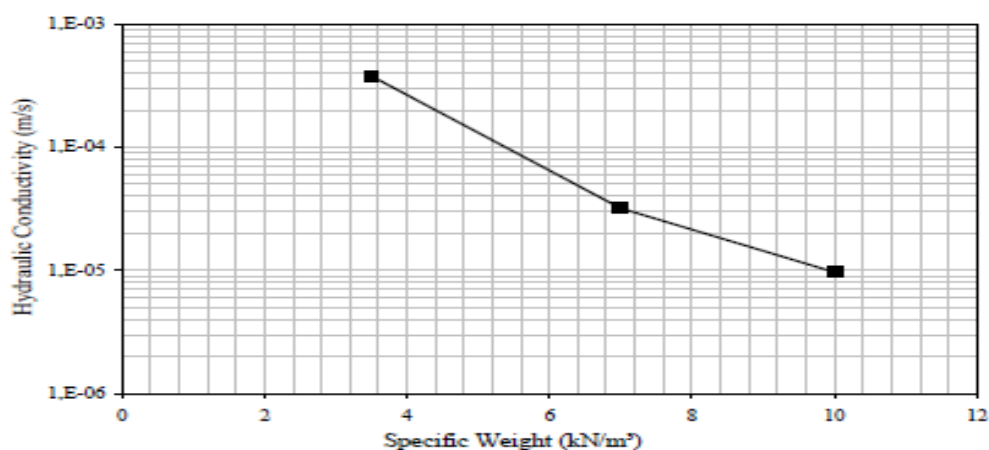


Figura 3.15 - Resultados da condutividade hidráulica x peso específico (Azevedo *et al.*, 2009)

Outros aspectos operacionais que merecem destaque envolvem o gerenciamento e controle interno no aterro sanitário, desde a entrada dos resíduos até a execução da camada de cobertura.

OLIVEIRA (2002) em conclusão de trabalho realizado sobre estabilidade de taludes de maciços de resíduos sólidos urbanos relata que a determinação da composição gravimétrica de resíduos aterrados tende a ser pontual, devido à disposição localizada de resíduos contendo materiais específicos, como por exemplo, somente plástico. Para uma determinação mais consistente, é

necessário um número grande de determinações em uma área mais abrangente e análises estatísticas.

Sendo assim, uma boa estruturação do sistema de controle operacional e de pessoal poderá contribuir em muito com uma distribuição mais adequada e homogênea dos materiais dispostos no maciço de resíduos em um aterro sanitário.

O sistema de pesagem nos aterros sanitários, através de balanças adequadas, serve não só para utilização de dados para pagamento dos transportadores, como também para controle dos tipos de resíduos dispostos e aferição dos horários dos roteiros de coleta realizados pelos caminhões que atendem a coleta.

O momento de parada dos caminhões na balança pode ser aproveitado para realizar a identificação dos resíduos e destiná-los diferenciadamente para as áreas específicas, seja para reciclagem futura ou para se obter uma melhor homogeneização dos mesmos no maciço.

A identificação também auxilia na quantificação e no direcionamento dos resíduos de forma adequada dentro do aterro sanitário, uma vez que os diversos tipos de resíduos (poda e capina; construção civil; restos de madeira; lodos de estações de tratamento etc.) podem ser destinados a locais específicos de disposição, possibilitando a construção de um maciço mais homogêneo, sem a existência de bolsões de materiais pouco resistentes ou muito degradáveis, o que contribui para a estabilidade do maciço.

3.3.5 Monitoramentos após encerramento

JORGE (2004) relata que os serviços básicos de conservação e manutenção de um aterro encerrado, seja de caráter preventivo ou corretivo, compreendem principalmente a implantação, recomposição, limpeza e desobstrução dos dispositivos de drenagem superficial, os retaludamentos dos maciços, a recuperação dos trechos com processos erosivos, a correção de surgências de líquidos e a conservação da cobertura vegetal das superfícies do aterro. Esses serviços, devidamente orientados pelas observações e resultados do monitoramento evitam que eventuais processos de degradação se formem ou evoluam, prevenindo a ocorrência de danos maiores. Não raramente podem surgir situações que exigem maiores intervenções, como a implantação de novos segmentos de drenos horizontais profundos, recomposição da superfície dos maciços (bermas e taludes) e, até mesmo, obras de contenção específicas.

3.4 Metodologia Delphi

Como o objetivo desta pesquisa foi entender a forma com que os aterros sanitários vêm sendo projetados, operados e monitorados atualmente e qual seriam as melhores práticas para essas atividades, optou-se pela utilização da metodologia *Delphi*, por se tratar de uma técnica onde as informações necessárias são obtidas com imparcialidade e sem a influência observada em entrevistas pessoais.

Segundo Estes e Kuespert (1976), o método *Delphi* foi inicialmente desenvolvido na Califórnia, Estados Unidos, pela *Rand Corporation*, no final da década de 50, com o objetivo de auxiliar a tomada de decisões militares tendo em vista tecnologias futuras e o contexto político internacional. A agência japonesa NISTEP – *National Institute of Science and Technology Policy* – teve também papel importante na divulgação do método, muito utilizado para a realização de projetos de prospectiva tecnológica de âmbito nacional.

Desde então, o método vem sendo cada vez mais empregado e modificado para aplicação em campos diversos como ciência da informação, educação, sociologia e saúde. O nome da técnica deriva da mitologia grega, uma vez que originalmente era utilizada para fazer previsões sobre o futuro em áreas específicas, com base na opinião de especialistas. O oráculo de Delfos, dedicado ao Deus Apolo, era o local onde se anunciavam as predições para o futuro na Grécia antiga. Nele era possível obter respostas e ouvir profecias de sacerdotes que, em estado de transe, falavam em nome dos deuses.

Delphi é uma ferramenta de pesquisa qualitativa que busca um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros, para a formação de opinião coletiva qualificada. Isto é feito estabelecendo-se três condições básicas: o anonimato dos respondentes, a representação estatística da distribuição dos resultados, e o *feedback* de respostas do grupo para reavaliação nas rodadas subsequentes (MARTINO, 1993).

A metodologia é considerada uma dos melhores instrumentos de previsão qualitativa, especialmente em situação de avaliação tecnológica, onde não existem dados históricos disponíveis ou não podem ser projetados com segurança (GIOVINAZZO, 2001).

O método é intuitivo e interativo. Constitui-se um grupo de especialistas em determinada área do conhecimento, que se deseja traçar a pesquisa. Esses especialistas respondem a uma série de questões.

Os resultados dessa primeira fase são analisados, por meio de um levantamento estatístico simples, calculando-se a mediana e a amplitude dentro dos quartis das respostas analisadas. A síntese dos resultados é comunicada aos membros do grupo (*feedback*) que, após tomarem conhecimento, respondem novamente. Essas consultas se sucedem desta maneira até que um consenso ou quase consenso seja obtido. A figura 3.16 apresenta um tipo de sequência de execução do método *Delphi* (MARTINO, 1993).

As características fundamentais do método concentram-se no anonimato dos respondentes, o que evita interferências, quer por persuasão quer por influência de qualquer espécie que as respostas sejam desviadas; e o constante *feedback* das respostas com base nas estatísticas levantadas.

Estimula-se o uso de questões abertas na primeira rodada e à medida que as rodadas se sucedem, com o pedido de revisão das respostas a partir das estatísticas levantadas, tende-se a um consenso sobre a previsão ou consulta que se deseja fazer.

Normalmente, há uma abstenção de 30% a 50% na primeira rodada, e de 20% a 30% na segunda rodada.

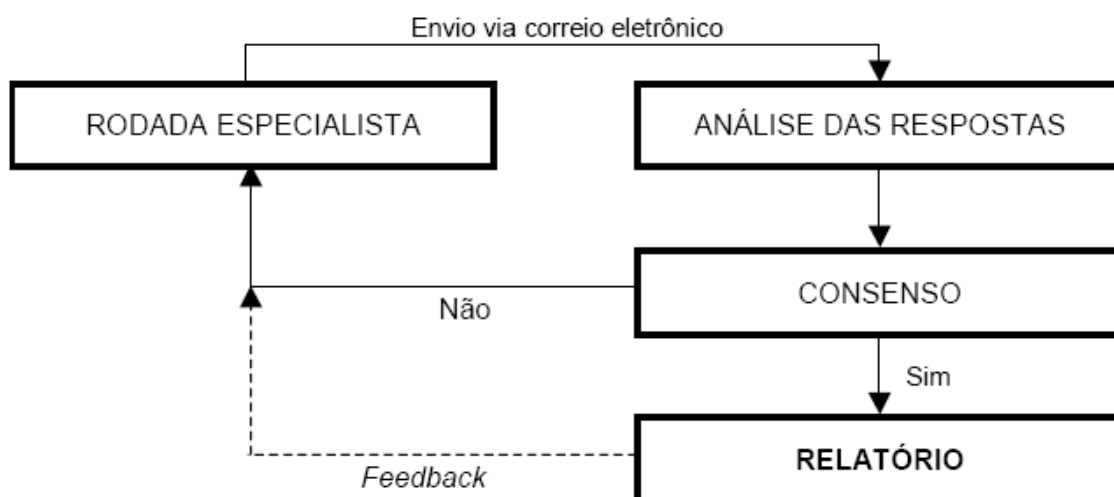


Figura 3.16 - Sequência de execução do Método *Delphi* (adaptado Giovinazzo *et al.*, 2000)

3.5 **Análise de estabilidade, risco e ações emergências**

3.5.1 **Análise de estabilidade**

A avaliação das condições de segurança de um aterro é realizada por meio de análises de estabilidade que normalmente são feitas utilizando métodos clássicos da teoria do equilíbrio limite. Estes métodos baseiam-se na hipótese de haver equilíbrio em uma massa de RSU na

iminência de entrar em um processo de escorregamento. De posse das forças atuantes e das forças resistentes, determina-se se um coeficiente de segurança, por meio das equações de equilíbrio.

Qualquer avaliação de estabilidade de taludes exige o conhecimento de um amplo conjunto de variáveis, tais como:

- Geometria do maciço em análise, envolvendo a estratigrafia dos materiais desde a fundação até a superfície;
- Propriedades geotécnicas dos materiais envolvidos, com destaque para os pesos específicos e envoltórias de resistência;
- Condições das poro-pressões nos materiais envolvidos.

O grande problema da realização da análise de estabilidade de um aterro decorre da dificuldade de se obterem parâmetros de resistência dos RSU. Tal dificuldade, segundo Fucale e Jucá (2002), deve-se a vários fatores, tais como:

- Heterogeneidade e variação do RSU para diferentes locais;
- Dificuldade de obtenção de amostras representativas das condições de campo;
- Inexistência, de maneira geral, de procedimentos de amostragem e ensaios padrões para os resíduos;
- Mudança das propriedades dos resíduos com o tempo.

Além disso, atualmente os procedimentos clássicos da mecânica dos solos são utilizados na obtenção dos parâmetros e na realização das análises de estabilidade e deformabilidade dos aterros sanitários. Porém, importantes diferenças de comportamento, tais como elevado índice de vazios, implicando em significativa compressibilidade, partículas de distintas naturezas, processo de decomposição com o tempo, resultando em significativos recalques e variações das propriedades dos materiais com o tempo reforçam a necessidade da busca de modelos de análise próprios.

Segundo Kölsch e Ziehmman (2004), a estabilidade de aterros de disposição de RSU é um dos maiores desafios geotécnicos para o projeto e a operação desses aterros. Os autores destacam que a heterogeneidade dos resíduos, as dificuldades na obtenção de parâmetros de resistência e a falta de conhecimento dos princípios da mecânica dos resíduos têm resultado em consideráveis incertezas nos cálculos de estabilidade.

SIMÕES (2010) relata que um estudo de análise de estabilidade de taludes de aterro sanitário deve ter como base a literatura técnica especializada, nacional e internacional, e resultados dos monitoramentos operacional e geotécnico que são realizados.

De uma forma geral, a grande variabilidade apresentada pelos dados necessários à avaliação da estabilidade de taludes de aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos faz com que a componente observacional, ou seja, a avaliação do desempenho desses empreendimentos seja indispensável.

Para realização de uma análise de estabilidade durante a operação, devem ser utilizados dados de instrumentações instaladas que ajudarão no entendimento do comportamento do maciço.

Ferramentas como a análise de estabilidade auxiliam no entendimento do comportamento dos maciços dos aterros de RSU, mas, mesmo assim, como vários modelos e parâmetros utilizados são advindos da mecânica dos solos, outros artifícios devem ser utilizados para o entendimento das movimentações e da operação de preenchimento destes aterros.

Para outros empreendimentos, como as barragens, que utilizam de recursos de controle e monitoramento, observa-se a utilização de pesquisas e avaliações, uma delas é a ficha de inspeção. Extrapolando tal exercício para os aterros sanitários, pode-se criar para cada caso uma ficha de verificação das atividades e comportamento de um aterro. Tal feito não tem a intenção de eliminar o risco, mesmo porque seria impossível, mas, de verificar possíveis falhas, diminuindo o risco. Não se observou em literatura a existência de uma ficha de inspeção geotécnica para aterros sanitários.

3.5.2 Análise de risco

A análise de risco pode ser entendida como sendo o desenvolvimento de uma estimativa quantitativa dos riscos baseada em avaliações de engenharia e técnicas matemáticas para a combinação de estimativas das frequências e consequências de incidentes.

Estes estudos geralmente são aplicados a unidades industriais, não sendo comum a sua aplicação a aterros sanitários. No entanto, esses estudos podem ser utilizados para identificar os riscos ambientais e formar uma opinião sobre a possibilidade de ocorrências perigosas e suas respectivas consequências, decorrentes da operação de aterros sanitários.

Com os acidentes geotécnicos em aterros sanitários, tem-se o risco e possibilidade de ocorrência de contaminação ambiental, sejam nas águas superficiais, subterrâneas e do solo por líquidos lixiviados, além dos gases que podem advir destes acidentes.

Nos aterros sanitários de grande porte faz-se necessário que o estudo de análise de risco seja um fator obrigatório quando da confecção do projeto.

Para o desenvolvimento de um estudo de análise de risco ambiental, sugere-se que deva ser apresentada inicialmente uma caracterização geral dos riscos ambientais, onde são constituídos os perigos e os possíveis cenários acidentais, do ponto de vista geotécnico, assim como os impactos e as consequências que a ocorrência dos mesmos ocasionaria.

Posteriormente descreve-se o Programa de Gerenciamento de Riscos, onde são apresentadas as atividades a serem realizadas para obter um efetivo controle das medidas propostas para redução ou conservação dos níveis aceitáveis de risco. Nesta fase poderá ser utilizada a ferramenta da ficha de inspeção.

Em seguida apresenta-se o PCR - Programa de Comunicação de Riscos, onde são descritas as ações a serem desenvolvidas junto ao empreendimento, comunidade residente nos bairros limítrofes ao aterro sanitário, se houver, no intuito de informá-los e orientá-los quanto aos aspectos operacionais e possíveis impactos que poderiam ser causados pelo aterro sanitário.

Finalmente, como parte integrante do estudo, deverá ser apresentado o Plano de Ações Emergenciais, o qual descreve com clareza as atividades e ações a serem adotadas em caso de ruptura de taludes ou outra situação que possa ocorrer no aterro sanitário. Informam-se quais as instituições parceiras envolvidas e as atribuições de cada uma delas, assim como o fluxograma de seu acionamento e as formas de divulgação.

Para uma avaliação dos riscos, desenvolvem-se alguns cenários, mesmo que hipotéticos, constituindo assim os alcances ou distâncias em que os resíduos poderiam alcançar em caso de acidentes ou rupturas e as consequências causadas por esses eventos. Os cenários são relacionados hipoteticamente devido às incertezas e particularidades que podem ocorrer nos aterros sanitários.

Em metodologia proposta para inspeção em barragens, criou-se uma ficha de inspeção para obtenção de informações e anotações em campo e verificação de anomalias, possibilitando

definições e priorizando medidas mais eficientes na prevenção de acidentes e de situações extremas (BALBI, 2008).

Sugere-se também que as inspeções devem ser executadas por pessoal qualificado e treinado para identificar desvios em relação às normas e irregularidades, denominadas de anomalias, que possam afetar potencialmente ou de imediato a segurança da barragem.

As avaliações devem ser realizadas, observando-se as seguintes classificações e orientações, de acordo com o nível de complexidade e gravidade da situação enfrentada:

- **Inspeções rotineiras:** são aquelas executadas pelas equipes locais de operação e manutenção, como parte regular de suas atividades. A frequência que pode ser semanal ou mensal. Não geram relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.
- **Inspeções formais:** são aquelas que devem ser executadas por equipes técnicas do empreendedor ou por seus representantes. Também se define uma frequência. Normalmente são realizadas obedecendo a uma lista previamente definida de itens (“*check-list*”) que cobrem todas as partes, estruturas, equipamentos e aspectos do funcionamento do empreendimento. Delas resultam relatórios contendo as observações de campo e as recomendações pertinentes.
- **Inspeções especiais:** são aquelas executadas por especialistas da área relativa a algum problema detectado em uma inspeção rotineira ou formal. Sua realização requer o estudo prévio do projeto e de toda documentação disponível. Não existe uma frequência para sua realização e ocorrem sempre que um problema exija a participação de um especialista para seu diagnóstico e solução. Delas deve resultar um relatório específico capaz de orientar de forma conclusiva o encaminhamento da solução.
- **Inspeções de emergência:** são aquelas executadas por especialistas das diversas áreas relativas à emergência em curso, bem como membros da equipe técnica e operacional do empreendedor. Devem estar presentes pessoas com autoridade suficiente para tomar as decisões que venham a se tornar necessárias no caso da situação se agravar e medidas drásticas tenham que ser adotadas. Acontecem em resposta a uma emergência e obviamente não existe uma frequência para sua realização. Apesar das condições em que

se processam, delas deve resultar um relatório específico capaz de justificar as medidas eventualmente adotadas, contendo diagnóstico, análise e histórico do acidente.

Para uma melhor quantificação dos padrões de comportamento observados ou anomalias em função da magnitude e nível de perigo, classifica-se:

MAGNITUDE: A definição da magnitude da anomalia procura tornar menos subjetiva à avaliação da dimensão do problema ou falha encontrada.

I – Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela Administração Local.

P – Pequena: Quando a anomalia pode ser resolvida pela própria Administração Local.

M – Média: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Local com apoio da Administração Regional.

G – Grande: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Regional com apoio da Administração Central.

NÍVEL DE PERIGO: Com esta informação procura-se quantificar o nível de perigo causado pela anomalia e indicar a presteza com que esta anomalia deve ser corrigida.

0 – Nenhum: não compromete a segurança do empreendimento, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação.

1 - Atenção: não compromete a segurança do empreendimento em curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.

2 – Alerta: risco a segurança do empreendimento, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.

3 – Emergência: risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

BALBI (2008) discorrendo sobre plano de ações emergenciais em barragens relata que o gerenciamento do risco é composto por quatro fases cíclicas: prevenção, preparação, resposta e recuperação. O plano de ações emergenciais é uma medida não estrutural de mitigação do risco e consiste de cinco componentes: detecção, tomada de decisões, notificação, alerta/aviso e evacuação. Os três primeiros componentes são de responsabilidade do proprietário da barragem, e os dois últimos, das autoridades locais.

Com relação aos aterros sanitários, não foram encontradas referências a planos de ações na literatura. O Anexo I apresenta em exemplo desse plano para um aterro sanitário de grande porte, que foi obtido junto ao operador de um aterro sanitário.

CASTRO (1999a) define desastre como o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

Os procedimentos para o gerenciamento do risco e as respostas a situações de emergência geralmente são materializados em documentos como o plano de ações emergenciais. Este plano torna-se uma ferramenta essencial, na qual são identificados e compilados em documento único os procedimentos e ações que devem ser tomados para mitigar riscos e responder com eficácia às emergências resultantes de desastres que possam ameaçar a segurança das populações.

Como não existe risco zero, é necessário gerenciá-lo por meio de ações orientadas a mantê-lo em níveis socialmente aceitáveis. Essas ações devem se sustentar em três pilares básicos:

- O projeto e a construção corretos;
- A manutenção e o controle do comportamento durante a fase de operação (segurança técnico-operacional, monitoramento e vigilância) – *Mitigação do Risco*;
- A preparação para atuar eficientemente e a tempo se ocorrer uma emergência (gestão do risco e das emergências) – *Preparação e Resposta a situações de emergência*.

3.5.3 Plano de ações emergenciais

Muitas vezes, os acidentes acontecem sem qualquer aviso e quando ocorrem, normalmente não há tempo para planejamento, organização ou treinamento.

O grande problema da contingência é a aceitação de que o risco existe e que pode acontecer. Este é inevitável e, muitas vezes, de difícil previsão, apesar de todo e qualquer esforço para evitar ou até mesmo diminuir a chance e probabilidade de ocorrência.

A minimização dos danos pode ser alcançada quando o empreendedor elaborar o plano de emergência, o qual deve ter como objetivo orientar os respectivos responsáveis, de maneira incontestada e eficaz, graças a uma ação refletida e apropriada, normatizada com base no real risco que a empresa sofre.

A falta de providências prévias para enfrentar uma situação de emergência pode resultar em operações desordenadas, danos sérios e até mortes, destruição de propriedades e instalações, e até mesmo a paralisação das atividades.

Nas situações de perigo cujo cenário de risco que incluam treinamento, controle operacional e plano de emergência, este último é estabelecido pelo fato de os dois primeiros não serem plenamente capazes de prevenir a ocorrência de situações extremas.

4 METODOLOGIA

O trabalho foi idealizado para a proposição de diretrizes a partir da realização de uma pesquisa com especialistas, técnicos e operadores de aterros sanitários no sentido de avaliar qual a opinião do grupo com relação aos procedimentos atualmente empregados e às melhores práticas que deveriam ser utilizadas no projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários, além de quais aspectos deveriam ser considerados no desenvolvimento de planos de ações emergenciais relacionados a eventos de instabilidade geotécnica dos aterros sanitários.

Baseado na revisão bibliográfica elaborou-se um primeiro questionário completo, envolvendo diversos itens, tais como atividades, estudos e parâmetros necessários, métodos de investigação e procedimentos relacionados às fases de estudo, projeto, monitoramento e análise de risco/ações emergenciais para aterros sanitários.

Para o desenvolvimento do trabalho buscou-se uma metodologia capaz de promover o envolvimento dos participantes e permitir a construção coletiva de um consenso a partir da reflexão sobre a experiência de profissionais que atuam na área de disposição final de resíduos sólidos urbanos. Foi utilizada a metodologia *Delphi* para a formulação dos trabalhos, consistindo na elaboração de um questionário e entrevistas em rodadas sucessivas até que se obtivesse um consenso.

4.1 Seleção de especialistas

Segundo Estes e Kuespert (1976) não há um número específico de participantes necessários para compor uma amostra para aplicação do método *Delphi*. Esta será definida pelos objetivos da pesquisa e pela disponibilidade de participantes a serem consultados.

A seleção dos especialistas pautou-se nos critérios da homogeneidade de formação e atuação, com especialistas em projeto e operação de aterros sanitários, tendo como perfil, pesquisadores, projetistas, técnicos e operadores de diversas regiões do Brasil. Assim, foram convidados 46 Painelistas. Como se buscou avaliar a situação brasileira, todos os especialistas consultados atuam no Brasil. A distribuição final dos Painelistas para início da pesquisa foi:

- Pesquisadores (comunidade acadêmica) = 16
- Projetistas = 14

- Técnicos = 06
- Operadores = 10

4.2 Etapas da pesquisa

Conforme preconiza a metodologia, geralmente são realizadas sucessivas rodadas até que se obtenha consenso. No presente estudo, o desenvolvimento das ações foi realizado em duas etapas, como apresentado na Figura 4.1.

Na primeira etapa, mais abrangente, objetivou-se identificar a opinião dos profissionais com o perfil citado anteriormente, que atuam na área de disposição final de RSU. Esta fase foi importante pelo tamanho e representatividade da amostra, fornecendo um panorama da visão dos profissionais. Entretanto, verificou-se que para um aprofundamento maior nos parâmetros de interesse, o estudo deveria, estrategicamente, focar em alguns pontos mais específicos.

Na segunda etapa, o objetivo foi permitir aos profissionais que se expressasse livremente, mais uma vez, e buscar aprofundamento nas questões geotécnicas, dos riscos e operação dos aterros sanitários, além de permitir também a discussão de respostas a questionamentos derivados do resultado da primeira fase. Para tanto, a amostra foi reduzida em número de itens e parâmetros. As duas fases validam-se e complementam-se.

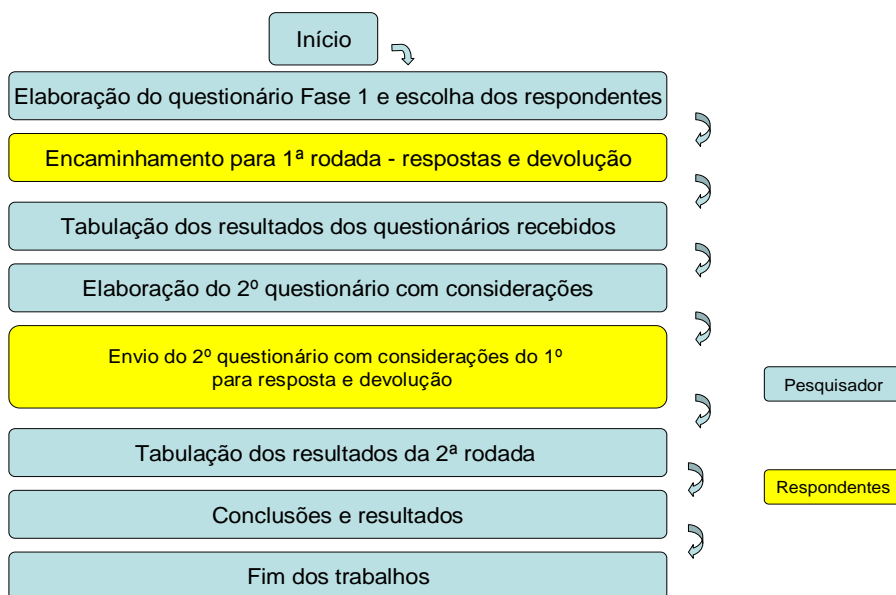


Figura 4.1 - Fluxograma das etapas da pesquisa

4.3 Questionário Estruturado

Elaborou-se um questionário estruturado contendo colunas distintas, para obtenção de informações. O primeiro questionário emitido corresponde à primeira rodada de respostas e o segundo, à segunda rodada de respostas. O seu desenvolvimento foi:

Primeira rodada

Na primeira rodada foram relacionadas todas as informações necessárias, em grandes tópicos, para a concepção, implantação, operação, monitoramento e encerramento do aterro. O desenvolvimento do questionário e seus principais tópicos são apresentados a seguir:

- **Estudos:** relevo, hidrologia dados climatológicos, geologia e hidrogeologia e geotecnia.
- **Projetos:** sistema de impermeabilização de base, sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem interna de líquidos, sistema de drenagem de gases, camada de cobertura e projeto geométrico.
- **Monitoramento:** geotécnico, águas superficiais e subterrâneas, qualidade do ar, parâmetros operacionais, líquidos lixiviados e pressão sonora.
- **Análise de riscos/ações emergenciais:** estudo de parâmetros a serem considerados, definição dos cenários, ações em situações de emergências (antes e após acidentes) e plano de emergência.

Um exemplo de parte do questionário é mostrado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Estrutura do questionário

3	MONITORAMENTO	MARCAR COM X QUANTO A RELEVÂNCIA E DAR PESO/NOTA: 0 a 10							
		HOJE		IDEAL		INDECISO/NS		PESO	
31	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
311	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS								
	<i>Método</i>								
	Visual								
	Ensaio de campo								
	Ensaio de laboratório								

Todos os itens e parâmetros relacionados acima constam com seus respectivos subitens, conforme mostrado nas Tabelas apresentadas no Apêndice E. A oportunidade de se obter as informações de um universo raro de especialistas, como uma oportunidade talvez única, fez com que o mesmo ficasse muito extenso, cansativo nas respostas, causando desistências e dificultando a continuidade dos trabalhos.

Considerou-se que se fosse respondido por todos seria uma contribuição significativa para o meio científico, no entanto, alterou-se o questionário na segunda fase, fazendo com que o mesmo focasse o eixo principal da pesquisa e pudesse se limitar aos itens relativos ao monitoramento geotécnico, análise de risco/ ações emergenciais e parâmetros operacionais, para que se obtivesse êxito no trabalho final.

Segunda rodada

A segunda rodada foi construída a partir da compilação das respostas obtidas na primeira rodada. O desenvolvimento desta etapa envolveu a avaliação das respostas relacionadas aos seguintes aspectos:

- **Monitoramento:** monitoramento geotécnico (controle tecnológico dos materiais, recalques verticais, movimentações horizontais, poro-pressões nos líquidos, poro-pressões nos gases, outros aspectos – ensaios nos resíduos e inspeção visual).
- **Análise de riscos/ações emergenciais:** avaliações e considerações (estudo e parâmetros a serem considerados na análise de risco, definição de cenários para caracterização dos riscos, ações em situação de emergência e plano de emergência).
- **Parâmetros operacionais:** parâmetros (tipos de resíduos aterrados, peso, altura das camadas, inclinação da rampa de aterragem, numero de passadas do equipamento compactador, acompanhamento topográfico, densidade dos resíduos aterrados, espessura da cobertura intermediária e registro da localização dos resíduos diversos aterrados).

Nesta fase também foi adicionado um texto explicativo no cabeçalho do questionário para instrução e facilitar as respostas.

4.4 Considerações

Na primeira rodada, a estrutura do questionário foi composta de uma planilha eletrônica, contendo em seu cabeçalho um texto explicativo quanto ao preenchimento para facilitar o tratamento dos dados. Logo após, o quadro com as informações do número de código, parâmetros a serem avaliados e as lacunas a serem marcadas com as informações da opinião do respondente sobre a prática atual (denominada situação *hoje*), qual seria a melhor prática (denominada situação *ideal*) e o devido *peso/nota* ou importância para o parâmetro respondido. Foi ainda criada a opção *indeciso/não sabe*.

No questionário enviado foi indicada a lacuna como “peso”, mas, no texto enviado aos painelistas foi informado “peso/nota” e, considerou-se para os trabalhos como “nota”.

Nesta primeira rodada, os respondentes marcariam as opções com um “X” se considerassem que o parâmetro se aplicaria para *hoje*, *ideal*, *indeciso/não sabe* e daria nota de zero (sem importância) a dez (imprescindível) para o parâmetro e informaria se tal parâmetro era necessário ou não, conforme consta da tabela do Apêndice E e texto explicativo do Apêndice C.

Na segunda rodada, conforme mostrado no Apêndice H, a estrutura do questionário contava com a estrutura semelhante a da primeira rodada. As modificações foram feitas na planilha, com inclusão de colunas e identificação por cores, para que os respondentes pudessem verificar com clareza as suas respostas dadas e a dos respondentes, no sentido de verificarem se efetuariam modificações ou deixariam conforme respondido anteriormente.

Foram dadas as informações conforme consta do cabeçalho do questionário Apêndice H.

A avaliação para as inclusões e exclusões foi realizado conforme descrição a seguir.

O tratamento estatístico continuou sendo mantido, ou seja, para as respostas marcadas com um “X”, correspondentes à opção se o item vem sendo considerado hoje ou deva ser considerado em uma situação ideal (melhor prática), considerou-se a moda. Para o resultado do *peso/nota*, ou seja, qual é a importância do parâmetro, foi considerada a mediana. Concomitante a estes tratamentos informados, foram verificadas as médias e os quartis, no sentido de validar as respostas.

Algumas considerações foram feitas no tratamento estatístico para a primeira e segunda rodada com referência aos respondentes que em alguns casos deixaram de responder certo bloco de questões. Quando tal fato ocorreu, foram excluídos do tratamento naquele bloco de informações.

Como o intuito da pesquisa e do próprio questionário era a orientação para criação de diretrizes, foi arbitrado que nas lacunas marcadas com “X”, seriam consideradas como válidas as respostas cuja moda prevaleceria e para a afirmação da utilização do parâmetro “*peso/nota*” (0 zero a 10 dez), seria considerado o valor em que a mediana fosse superior a nota 5,0 (cinco) exclusive.

Sendo assim, pelas respostas dadas e o tratamento estatístico aplicado, verificou-se que na segunda rodada as modificações foram insignificantes e que todas as respostas estavam convergentes, então, procedeu-se a compilação dos dados e distribuição dos questionários finais com os devidos agradecimentos.

Apesar dos inconvenientes, o numero de respondentes nas rodadas sucessivas ficaram dentro da estatística aceitável na metodologia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O questionário foi idealizado conforme Metodologia *Delphi*, onde foram relacionadas todas as informações que pudessem ser apuradas em várias fases que compõe a concepção de um aterro sanitário. Na fase inicial, ou seja, fase 1, a concepção se deu em quatro grandes blocos denominados estudos, projetos, monitoramento e análise de risco e emergências.

Com a análise da fase 1 e as sugestões dos participantes, verificou-se que seria interessante para a continuidade da pesquisa encaminhar para fase 2 somente a parte referente ao objeto do trabalho que é voltado para as questões geotécnicas. Tal fato foi comunicado a todos os respondentes, quando do envio da segunda etapa, o que foi entendido por eles. A percepção do entendimento dos participantes se deu pelo baixo número de abstenções e a coerência nas respostas com poucas modificações e consenso.

Após a conclusão da segunda rodada e novo tratamento estatístico dado, verificou-se que as modificações foram insignificantes e chegou-se à conclusão sobre o consenso e uma convergência das respostas dadas, não havendo necessidade de realização de uma terceira rodada. Desta forma, as respostas da segunda rodada foram compiladas e feito encaminhamento do questionário resposta a todos eles para conhecimento e agradecimento pela participação.

Acredita-se que as respostas dadas ao questionário completo, referente à fase 1, não deverão ser desprezadas, pois poderão ser utilizadas em pesquisas e trabalhos futuros.

Inicialmente entendeu-se que seria adequado se o questionário fosse distribuído para especialistas e operadores de aterro nas condições e realidades do Brasil, portanto, verificou-se que o universo de tais respondentes não seria muito grande, mas, mesmo assim, considerou-se o número satisfatório. Foram feitos vários contatos e chegou-se ao total de 46 Painelistas.

Na primeira rodada obteve-se um total de 39 confirmações de recebimento do questionário, sendo: 9 pesquisadores ligados a área de resíduos sólidos e/ou geotecnia, 20 projetistas e consultores ligados a área de resíduos sólidos e/ou geotecnia e 10 operadores de aterros sanitários de portes variados.

Houve variações nas respostas de acordo com livre escolha dos respondentes. Alguns não responderam itens relacionados a aterros de médio porte, outros não responderam a parte do

questionário com referência ao risco. Essas ocorrências foram consideradas na realização da análise estatística das fases.

5.1 Análise do questionário respondido na fase 1

Na fase 1 foi aplicado o questionário completo com todas as informações e parâmetros, conforme apresentado no Apêndice E. Com o intuito de se obter o maior volume de informações dos respondentes, nesta oportunidade impar, foram analisados vários itens sobre os parâmetros citados. Embora as questões relacionadas aos estudos e projetos não tenham sido submetidas às rodadas seguintes, acredita-se que a análise apresentada forneça informações importantes sobre os itens analisados. Para cada item é apresentado inicialmente o quadro com a lista de parâmetros e, em seguida, realizada uma análise qualitativa das respostas.

Como os itens relacionados ao monitoramento geotécnico, análise de risco/ações emergenciais e parâmetros operacionais foram objeto da segunda rodada do questionário, eles serão analisados no item seguinte.

Em geral todos os respondentes acharam importante que a condição ideal para os aterros de grande porte contenham todos os parâmetros que foram apresentados e para as outras situações a escolha dos parâmetros são variadas e suas respostas passam a ser analisadas a seguir.

5.1.1 Estudos

Para o estudo do *Relevo* (topografia e geomorfologia) verificou-se que todos os itens são utilizados como prática atual e recomendados como melhor prática. O item geomorfologia, apesar de considerado, não foi reconhecido como prática atual.

No item dados climáticos, verificou-se que vem sendo utilizados e recomendados os itens já consagrados como precipitação, temperatura, evaporação, direção e velocidade do vento.

Para as características da *Geologia e Hidrogeologia*, os itens perfil do subsolo e profundidade do lençol vêm sendo utilizados e foram recomendados. Na caracterização dos fluxos subterrâneos, identificação das zonas de recarga e características físico-químicas e biológicas das águas subterrâneas, foram recomendadas.

Em geral os *Métodos* utilizados para as características da *Geologia e Hidrogeologia* utilizados e recomendados são os tradicionais, ou seja, sondagem simples tipo SPT e instalação de poços de monitoramento.

5.1.1.1 Geotecnia

Nas *Propriedades dos solos da área de implantação do aterro*, os itens caracterização geotécnica convencional (massa específica, granulometria e limites de consistência) e condutividade hidráulica foram apontados como a prática atual para os dois portes de aterro e também como os mais recomendados.

Para os *Métodos* e ensaios de campo verificou-se que os ensaios de SPT e permeabilidade em campo vêm sendo utilizados e recomendados. Quanto aos outros métodos somente o geofísico foi recomendado para situação atual dos aterros de grande porte.

Nos métodos e ensaios de laboratório somente a caracterização geotécnica convencional foi relacionada e recomendada. Os outros foram recomendados como ideal para aterros de grande porte.

Verificou-se que os *Métodos* são desconhecidos por alguns dos respondentes ou realmente foram pouco considerados.

5.1.2 **Projetos**

Com relação ao sistema de impermeabilização de base foram selecionados praticamente todos os parâmetros como *critérios para seleção do tipo de impermeabilização*. Quanto às *propriedades e parâmetros necessários dos resíduos*, somente a permeabilidade não foi indicada como um parâmetro que vem sendo utilizado. As propriedades a serem avaliadas para os materiais naturais (solo compactados) foram as tradicionais, assim como descrito anteriormente para o item geotecnia.

Quanto aos *materiais sintéticos*, foram considerados todos os parâmetros e, a manta em PEAD prevaleceu como escolha para situação atual e ideal, apesar dos outros materiais (PVC e Manta Asfáltica) também terem sido avaliadas quanto à espessura. O *método de dimensionamento* para todas as situações foi a Lei de Darcy. A existência de algum sistema de identificação de vazamento foi considerado e recomendado para os aterros de grande porte. Quanto à *execução dos materiais sintéticos*, todos os parâmetros vêm sendo utilizados

(acompanhamento topográfico, controle de qualidade em laboratório, controle de qualidade com serviço em campo e proteção mecânica), exceto para aterros de médio porte.

Para o sistema de drenagem superficial, o *método de dimensionamento* indicado foi o racional e as *estruturas que poderão constar do projeto* são praticamente todas as peças de drenagens superficiais conhecidas.

Para o *sistema de drenagem interna de líquidos*, os *critérios para seleção* vêm sendo utilizados, exceto para aterros de médio porte, onde considerou-se somente custos. Para os *parâmetros necessários*, a *permeabilidade dos materiais drenantes* vem sendo utilizados e foram recomendados. As propriedades de filtração entre os materiais e os resíduos foram recomendadas. A *obtenção destes parâmetros* leva em consideração *literatura, experiência, ensaios de campo e em alguns casos ensaios de laboratório*. Para o *método de dimensionamento* utiliza-se o *balanço hídrico*. A *pedra-de-mão ou rachão* vem sendo relacionados como *materiais a serem utilizados*. Foi dada mais ênfase ao dreno tipo espinha de peixe. O *posicionamento das linhas de drenagens* de líquidos na base foi relacionado como utilizado hoje e recomendado para utilização em várias fases dependendo do porte do aterro.

5.1.2.1 Sistema de drenagem de gases

Observou-se que o sistema de drenagem de gases têm uma correlação com as informações do item anterior, alguns parâmetros como *métodos de dimensionamento não são* utilizados apesar de terem recebido *nota/peso*. Para *configuração dos drenos*, como era de se esperar, foi recomendada a interligação com os drenos de líquidos e sua construção é realizada *antes da execução das camadas de resíduos, concomitantemente ao aterramento*. Os *dispositivos para reaproveitamento energético* foram recomendados.

5.1.2.2 Camada de cobertura

Para a camada de cobertura final, todos os parâmetros relacionados aos *critérios para seleção do tipo de camada de cobertura* são utilizados, exceto o tempo de execução, que foi somente recomendado. Observou-se que as *propriedades a serem avaliadas e/ou ensaios dos materiais naturais* utilizadas são as tradicionais, tais como: massa específica dos grãos, granulometria, limites de consistência e parâmetros de compactação. As *propriedades a serem avaliadas para os materiais sintéticos* foram recomendadas somente para os aterros de grande porte. O *método de dimensionamento* utilizado e recomendado foi de acordo com as normas. Utiliza-se para *configuração* da camada de cobertura tanto para regiões de clima úmido quanto para

clima seco, cobertura monolítica de solo compactado e recomendam-se todas as outras situações para os aterros de grande porte.

Na *execução* da camada de cobertura, vem sendo realizado somente o acompanhamento topográfico e controle de qualidade com serviços em campo. Todos os outros parâmetros foram recomendados como melhor prática.

Os *critérios para seleção dos materiais da camada intermediária* que vem sendo utilizados levam em consideração praticamente os parâmetros custos e disponibilidade do material. Todos os outros parâmetros foram recomendados na situação ideal.

Para os *materiais de recobrimento*, a *opção de recobrimento diário* foi indicada como usada nos aterros de grande porte e sugerido para os de médio e grande porte. Observou-se que são utilizados solos e resíduos da construção civil, com frequência diária. Foram recomendados para os aterros de médio e grande porte além dos materiais de recobrimento, remoção dos materiais (solos, resíduos da construção civil e lona) antes da disposição de outra camada. Verificou-se que foi recomendada também a utilização de lona para cobrir os resíduos, que será realizado na falta de material de cobertura ou em período de chuvas intensas.

5.1.2.3 Projeto geométrico

Com relação ao desenvolvimento do projeto geométrico, verificou-se que vem sendo utilizados os parâmetros básicos como *composição gravimétrica, a taxa de geração, densidade e permeabilidade*. Os demais foram recomendados como melhor prática para os aterros de grande porte.

Para desenvolvimento do projeto geométrico, vem sendo utilizadas a espessura, e os níveis internos de líquidos, exceto para os aterros de médio porte. Todos os outros parâmetros foram recomendados como melhor prática.

Em geral, a *obtenção dos parâmetros* é baseada na literatura e experiência. Os ensaios de laboratório e de campo foram recomendados como melhor prática para os aterros de médio e grande porte. Quanto a simulações numéricas, foram recomendadas para aterros de grande porte.

Para as análises de estabilidade vem sendo utilizados e foram recomendados os métodos de equilíbrio limite. A consideração dos recalques para os cálculos na análise de estabilidade e a influência da exploração dos gases foi recomendada como melhor prática.

Os parâmetros do primeiro questionário ou primeira rodada que não foram aqui relacionados foram os que prosseguiram para a segunda rodada e serão analisados nos resultados do questionário da segunda rodada.

5.1.3 Análise geral das respostas ao questionário fase 1

O questionário aplicado foi idealizado na tentativa de abranger o maior número possível de informações referentes às etapas de *estudo, projeto, monitoramento, análise de risco/ações emergenciais* para aterros sanitários de médio e grande porte na situação atual e o que seria a melhor prática recomendada.

Com o resultado desta primeira rodada, apesar de não ser estatisticamente considerável, segundo as premissas da metodologia *Delphi*, observou-se que as informações condizem com a realidade atual e tem grande semelhança ao que se vem praticando com as solicitações normativas e exigências legais.

Nas etapas citadas, observou-se que vários parâmetros dados como usuais ou convencionais mais utilizados hoje foram indicados em todas as fases. Observou-se também que para os aterros de grande porte, praticamente todos os itens foram identificados como utilizados atualmente.

Em itens como águas subterrâneas e outros em que a literatura é mais vasta, observou-se mais consistência e semelhança nas respostas, além de pequena abstenção dos respondentes.

Os parâmetros relativos ao monitoramento geotécnico foram respondidos na íntegra por todos os respondentes que lidam com a matéria e houve indecisões e abstenção de alguns dos respondentes por não dominarem o assunto.

Os itens do questionário relativos à análise de risco/ações emergenciais, talvez por tratar-se de fatos novos para aterros sanitários e por entenderem serem importantes, foram respondidos com grande ênfase.

Várias das sugestões foram pertinentes, mas, como os aterros são de portes variados, é sabido que alguns itens deveriam e devem ser acrescentados quando se fizer um estudo específico

para o mesmo. Portanto, mais uma vez verificou-se tratar de situações isoladas de respondentes distintos, tornando-se difícil incluí-las estatisticamente como um consenso para modificação ou inclusão de parâmetros.

5.2 Análises e resultados do questionário final

5.2.1 Monitoramento geotécnico

5.2.2 Controle tecnológico dos materiais terrosos e pétreos

A Tabela 5.1 apresenta os resultados finais relacionados ao controle dos materiais terrosos e pétreos.

Tabela 5.1 - Questões relativas ao controle tecnológico dos materiais terrosos e pétreos.

CÓDIGO	PARÂMETROS	MARCAR COM X QUANTO A RELEVÂNCIA E DAR PESO/NOTA: 0 a 10					
		HOJE		IDEAL		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
1	MONITORAMENTO						
11	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	MP	GP	MP	GP	MP	GP
111	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS						
	<i>Método</i>						
	Visual	X	X	X	X	7,00	7,00
	Ensaio de campo		X	X	X	8,00	9,00
	Ensaio de laboratório			X	X	8,00	9,00

Na análise dos parâmetros do método de controle tecnológico dos materiais terrosos e pétreos, verificou-se que o controle visual é utilizado e os ensaios de campo vêm sendo utilizados para os aterros de grande porte. Todos os parâmetros foram recomendados como melhor prática.

5.2.3 Recalques Verticais

A Tabela 5.2 apresenta os resultados finais relacionados ao monitoramento de recalques verticais.

Tabela 5.2 - Questões relativas aos métodos de registro dos recalques verticais

112	RECALQUES VERTICAIS	HOJE		IDEAL		PESO	
		MP	GP	MP	GP		
	<i>Método</i>						
	Visualmente	X	X			5,50	6,00
	Medidas topográficas convencionais		X	X	X	10,00	10,00
	Medição de recalques em profundidade		X		X		8,00
	Outra forma. Qual?						

Embora venha sendo utilizado atualmente, o monitoramento visual de recalques verticais não foi recomendado como uma melhor prática. Observa-se a importância do monitoramento de recalques verticais superficiais. A medição em profundidade é feita e também recomendada para os aterros de grande porte.

A Tabela 5.3 apresenta as questões relativas aos locais de monitoramento dos recalques verticais.

Tabela 5.3 - Questões relativas aos locais de monitoramento dos recalques verticais

Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)																		
Em perfil																		
<input checked="" type="checkbox"/>	Dique de partida			<input checked="" type="checkbox"/>	Todas as bermas dos alteamentos													
<input checked="" type="checkbox"/>	Bermas alternadas			<input checked="" type="checkbox"/>	Topo													
Espaçamento em planta																		
<input type="checkbox"/>	Até 50 m		<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 50 e 100 m		<input type="checkbox"/>	Maior que 100 m											
Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)						HOJE	IDEAL	PESO										
Fase de Operação																		
<input type="checkbox"/>	Diária		<input type="checkbox"/>	Semanal		<input type="checkbox"/>	Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal		<input type="checkbox"/>	Semestral				8,00	10,00
Pós-fechamento																		
<input type="checkbox"/>	Diária		<input type="checkbox"/>	Semanal		<input type="checkbox"/>	Quinzenal		<input type="checkbox"/>	Mensal		<input checked="" type="checkbox"/>	Semestral				8,00	9,00

Todos os locais de monitoramento dos recalques verticais foram indicados, desde o dique de partida até o topo, em todo o perfil. Observou-se que foi indicado um espaçamento em planta entre 50 e 100 metros. Quanto à frequência de monitoramento, foram indicados na fase de operação mensal e na fase pós-fechamento semestral. Foram atribuídas notas para os parâmetros, embora não tenha sido selecionada a melhor prática.

5.2.4 Movimentações horizontais

A Tabela 5.4 apresenta as questões relativas às movimentações horizontais.

Tabela 5.4 - Questões relativas às movimentações horizontais

113	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS	HOJE		IDEAL		PESO	
Método		MP	GP	MP	GP		
	Visualmente		X		X		8,00
	Medidas topográficas convencionais		X	X	X	9,00	10,00
	Inclinômetros				X		8,00
	Outra forma. Qual?						

Todos os métodos foram recomendados para controle das movimentações horizontais. Quanto à utilização atual, observou-se que os métodos são os convencionais (visualmente e medidas topográficas convencionais) e somente são realizados em aterros de grande porte. Os monitoramentos através de inclinômetros foram recomendados para os aterros de grande porte.

A Tabela 5.5 apresenta as questões relativas aos locais de monitoramento e frequência das movimentações horizontais.

Tabela 5.5 - Questões relativas aos locais de monitoramento e frequência das movimentações horizontais

Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)																		
Em perfil																		
<input checked="" type="checkbox"/>	Dique de partida			<input type="checkbox"/>	Todas as bermas dos alteamentos													
<input checked="" type="checkbox"/>	Bermas alternadas			<input checked="" type="checkbox"/>	Topo													
Espaçamento em planta																		
<input type="checkbox"/>	Até 50 m		<input type="checkbox"/>	Entre 50 e 100 m		<input checked="" type="checkbox"/>	Maior que 100 m											
Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)						HOJE	IDEAL	PESO										
Fase de operação																		
<input type="checkbox"/>	Diária		<input type="checkbox"/>	Semanal		<input type="checkbox"/>	Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal		<input type="checkbox"/>	Semestral				7,00	10,00
Pós-fechamento																		
<input type="checkbox"/>	Diária		<input type="checkbox"/>	Semanal		<input type="checkbox"/>	Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal		<input checked="" type="checkbox"/>	Semestral				7,00	9,00

Para o monitoramento das movimentações horizontais foram recomendados os diques de partida, bermas alternadas e topo do aterro, com a frequência mensal, tanto na fase operacional quanto pós-fechamento.

5.2.5 Poro-pressões nos líquidos

A Tabela 5.6 apresenta as questões relativas as poro-pressões nos líquidos.

Tabela 5.6 - Questões relativas às poro-pressões nos líquidos

114	PORO-PRESSOES NOS LIQUIDOS	HOJE		IDEAL		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
<i>Método</i>							
	Medidores de nível de líquidos		X	X	X	8,50	9,00
	Piezômetros convencionais		X	X	X	7,00	9,00
	Piezômetros elétricos				X		9,00
	Outra forma. Qual?						

O monitoramento das poro-pressões nos líquidos não vem sendo realizado atualmente nos aterros de médio porte. Verificou-se que os medidores de níveis de líquidos e os piezômetros convencionais vêm sendo utilizados atualmente nos aterros de grande porte e são recomendados como melhor prática para os dois portes de aterro. A utilização de piezômetros elétricos foi recomendada para aterros de grande porte.

A Tabela 5.7 apresenta as questões relativas aos locais de monitoramento das poro-pressões nos líquidos.

Tabela 5.7 - Relativas aos locais de monitoramento das poro-pressões nos líquidos

Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)																
Em perfil																
<input type="checkbox"/>	Dique de partida			<input type="checkbox"/>	Todas as bermas dos alteamentos											
<input checked="" type="checkbox"/>	Bermas alternadas			<input checked="" type="checkbox"/>	Topo											
Espaçamento em planta																
<input type="checkbox"/>	Até 50 m		<input type="checkbox"/>	Entre 50 e 100 m		<input checked="" type="checkbox"/>	Maior que 100 m									
Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)																
Fase de operação																
<input type="checkbox"/>	Diária		<input type="checkbox"/>	Semanal		<input type="checkbox"/>	Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal		<input type="checkbox"/>	Semestral			
Pós-fechamento																
<input type="checkbox"/>	Diária		<input type="checkbox"/>	Semanal		<input type="checkbox"/>	Quinzenal		<input type="checkbox"/>	Mensal		<input checked="" type="checkbox"/>	Semestral			

Para os locais de monitoramento das poro-pressões nos líquidos, foram recomendados as bermas alternadas e no topo, com espaçamento maior que 100m. A frequência recomendada foi mensal na fase operacional e semestral na fase pós-fechamento.

5.2.6 Poro-pressões nos gases

A Tabela 5.8 apresenta as questões relativas aos locais de monitoramento das poro-pressões nos gases.

Tabela 5.8 - Questões relativas às poro-pressões nos gases

121	PORO-PRESSOES NOS GASES	HOJE		IDEAL		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
<i>Método</i>							
	Piezômetros convencionais		X	X	X	8,00	9,00
	Piezômetros elétricos						
	Outra forma. Qual?						

Os piezômetros convencionais vêm sendo utilizados atualmente nos aterros de grande porte e também são recomendados como a melhor prática nos dois portes de aterro.

A Tabela 5.9 apresenta as questões relativas aos locais de monitoramento das poro-pressões nos gases

Tabela 5.9 - Questões relativas aos locais de monitoramento das poro-pressões nos gases

Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)											
Em perfil											
<input type="checkbox"/>	Dique de partida		<input type="checkbox"/>	Todas as bermas dos alteamentos							
<input checked="" type="checkbox"/>	Bermas alternadas		<input checked="" type="checkbox"/>	Topo							
Espaçamento em planta											
<input type="checkbox"/>	Até 50 m	<input type="checkbox"/>	Entre 50 e 100 m	<input checked="" type="checkbox"/>	Maior que 100 m						
Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)							MP	GP			
Fase de operação											
<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/>	Semanal	<input type="checkbox"/>	Quinzenal	<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal	<input type="checkbox"/>	Semestral	6,00	8,00
Pós-fechamento											
<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/>	Semanal	<input type="checkbox"/>	Quinzenal	<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal	<input type="checkbox"/>	Semestral	6,00	8,00

Observou-se que para os locais de monitoramento das poro-pressões nos gases, foram recomendados as bermas alternadas e no topo, com espaçamento maior que 100m. A frequência recomendada foi mensal na fase operacional e pós-fechamento.

5.2.7 Outros aspectos – ensaios nos resíduos

A Tabela 5.10 apresenta as questões relativas aos outros aspectos, tais como ensaios nos resíduos.

Tabela 5.10 - Questões relativas aos outros aspectos – ensaios nos resíduos

122	OUTROS ASPECTOS - ENSAIOS NOS RESIDUOS	HOJE	IDEAL	PESO	
	Provas de carga			X	5,75
	Sondagens periódicas			X	6,50
	Ensaio físico-químico periódico			X	7,00
	Outros. Quais?				

Embora não venham sendo realizados atualmente, os respondentes recomendaram a realização de ensaios nos resíduos para os aterros de grande porte. Verificou-se a recomendação para aterros de médio porte para os ensaios físico-químicos, mas com pequena importância (*peso/nota*).

5.2.8 Inspeções visuais

A Tabela 5.11 apresenta as questões relativas às inspeções visuais.

Tabela 5.11 - Questões relativas às inspeções visuais

123	INSPEÇÕES VISUAIS	HOJE		IDEAL		PESO	
	Parâmetros	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Erosões	X	X	X	X	8,00	9,00
	Trincas	X	X	X	X	7,50	9,00
	Falta de material de cobertura	X	X	X	X	8,00	9,00
	Falha na proteção vegetal	X	X	X	X	7,00	8,00
	Afundamentos localizados	X	X	X	X	7,00	8,00
	Inclinação de arbustos		X	X	X	7,00	6,50
	Inclinação dos drenos de gás		X	X	X	7,50	8,00
	Embarrramento de taludes		X	X	X	7,00	8,00
	Desalinhamento acentuado de taludes		X	X	X	7,00	8,50
	Escorregamentos de taludes localizados		X	X	X	8,00	9,00
	Desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial		X	X	X	8,00	9,00
	Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas	X	X	X	X	8,50	9,00
	Surgência de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas		X	X	X	8,00	9,00
	Outros. Quais?						

Observou-se que todos os parâmetros foram recomendados para a realização de inspeções visual nos dois portes de aterro. Somente os parâmetros (inclinação de arbustos, inclinação dos drenos de gás, embarrigamento dos taludes, desalinhamento acentuado dos taludes, escorregamento localizado de taludes desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial e surgências de gases em taludes e ou bermas) não vêm sendo utilizados atualmente nos aterros de médio porte, provavelmente pelos baixos riscos relacionados à altura estabelecida de 20m.

A Tabela 5.12 apresenta as questões relativas às frequências das inspeções visuais.

Tabela 5.12 - Questões relativas às frequências das inspeções visuais

Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)										
Fase de operação									8,00	9,00
<input type="checkbox"/>	Diária	<input checked="" type="checkbox"/>	Semanal	<input type="checkbox"/>	Quinzenal	<input type="checkbox"/>	Mensal	<input type="checkbox"/>	Semestral	
Pós-fechamento									7,50	8,50
<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/>	Semanal	<input type="checkbox"/>	Quinzenal	<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal	<input type="checkbox"/>	Semestral	

Para a frequência das inspeções visuais foram recomendadas na fase de operação, semanal e pós-fechamento, mensal.

5.2.9 Análise de risco/ações emergenciais

5.2.9.1 Análises de risco/ações emergenciais

A Tabela 5.13 apresenta as questões relativas às análises de risco/ações emergenciais

Tabela 5.13 - Questões relativas às análises de risco/ações emergenciais

2	ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS	HOJE		IDEAL		PESO	
21	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES	MP	GP	MP	GP	MP	GP
211	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO						
	Projeto geométrico do aterro		X	X	X	10,00	10,00
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)		X	X	X	8,00	9,00
	Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro			X	X	6,75	8,00
	Topografia da área a jusante do aterro			X	X	9,00	8,00
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro		X	X	X	9,00	10,00
	Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação			X	X	5,50	8,00
	Histórico do preenchimento do Aterro			X	X	7,00	8,00
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes		X	X	X	6,50	8,00
	Avaliação das análises de estabilidade existentes		X	X	X	10,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques		X	X	X	9,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos		X	X	X	9,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases		X	X	X		9,00
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados		X	X	X	8,00	8,00
	Avaliação dos registros de vazões de biogás				X		8,00
	Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento			X	X	7,00	8,00
	Outros aspectos						

Para os estudos e parâmetros a serem considerados na análise de risco, observou-se que diversos parâmetros foram indicados como a prática atual somente nos aterros de grande porte. No entanto essa não parece ser de fato a realidade atual, pois a consulta na literatura não revelou casos onde as análises de risco tenham sido realizadas em aterros sanitários. Observou-se que somente os parâmetros referentes à avaliação dos registros de

monitoramento de pressões nos gases e conseqüentemente avaliação dos registros de vazões de biogás não foram recomendados. Os parâmetros propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro e observações e relatos diários realizados durante a implantação do aterro foram considerados menos importantes. Os resultados indicam que atualmente nenhum tipo de estudo de risco vem sendo realizado nos aterros de médio porte.

5.2.9.2 Cenários para caracterização dos riscos

A Tabela 5.14 apresenta as questões relativas à definição de cenários para caracterização dos riscos.

Tabela 5.14 - Questões relativas aos cenários para caracterização dos riscos

212	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS	HOJE		IDEAL		PESO	
	Hipoteticamente		X	X	X	7,00	6,50
	Utilizando casos da literatura		X	X	X	8,00	8,00
	Utilizando a experiência			X	X	8,00	8,00
	Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais				X		9,00
	CONSIDERAR	MP	GP	MP	GP		
	Deslocamentos verticais e horizontais		X	X	X	10,00	10,00
	Alcance da massa de resíduo deslocada			X	X	10,00	10,00
	Distância da população		X	X	X	10,00	10,00
	Identificação dos pontos vulneráveis			X	X	10,00	10,00
	Perigos			X	X	10,00	10,00
	Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados			X	X	10,00	9,00
	Movimentação do Maciço			X	X	10,00	10,00
	Movimentação do solo de fundação			X	X	8,00	9,00
	Movimentação só de taludes			X	X	9,50	9,00
	Possíveis impactos ao patrimônio			X	X	7,50	8,00
	Explosão por sabotagem				X		7,00

Para a definição de cenários para caracterização dos riscos observou-se que atualmente os riscos não são analisados e nem considerados. Como melhor prática, observa-se a recomendação da quase totalidade das formas de definição dos cenários e de parâmetros a serem considerados. Somente para os aterros sanitários de médio porte, a utilização de modelos computacionais e possibilidade de explosão por sabotagem não foram recomendados. Cabe ressaltar a importância (*peso/nota*) de todos os parâmetros recomendados.

5.2.9.3 Ações em situações de emergência após incidentes

A Tabela 5.15 apresenta as questões relativas às ações em situações de emergência após incidentes.

Tabela 5.15 - Questões relativas às ações em situações de emergência após incidentes

213	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	HOJE		IDEAL		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
	APOS INCIDENTE						
	Correções nas deformações causadas por recalques	X	X	X	X	8,00	9,00
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás	X	X	X	X	8,00	9,00
	Identificação de trincas	X	X	X	X	8,00	9,00
	Eliminação de trincas	X	X	X	X	8,00	9,50
	Recomposição de pequenos deslizamentos	X	X	X	X	8,00	9,00
	Eliminação de princípios de incêndios	X	X	X	X	9,00	9,50
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis	X	X	X	X	9,00	10,00
	Redução/rebaixamento da "coluna líquida"		X	X	X	8,00	9,00
	Considerar relatos de incidentes anteriores		X	X	X	8,00	8,00
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais		X	X	X	9,00	9,50
	Disponer de equipamentos para combate às emergências		X	X	X	8,00	9,50
	Treino de toda a equipe para atender às emergências		X	X	X	10,00	10,00
	Nomear um coordenador para ações emergenciais			X	X	10,00	10,00
	Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, orgaos públicos e etc)			X	X	9,50	9,00
	Elaborar um plano de inspeção rotineira		X	X	X	10,00	10,00
	Realização de exercícios simulados			X	X	8,00	9,00
	Elaboração de fluxograma de tomada de decisões			X	X	10,00	9,00

Observou-se que as ações em situações de emergência que vem sendo utilizadas são as tradicionais e, para melhor prática, todos os parâmetros foram recomendados.

5.2.9.4 Ações em situações de emergência após acidentes

A Tabela 5.16 apresenta as questões relativas às ações em situações de emergência após acidentes.

Tabela 5.16 - Questões relativas às ações em situações de emergência após acidente

	APOS ACIDENTE	HOJE		IDEAL		MP	GP
		MP	GP	MP	GP		
	Plano de comunicação						
	Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros			X	X	10,00	10,00
	Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente		X	X	X	10,00	10,00
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos		X	X	X	10,00	10,00
	Emitir boletins informativos à imprensa				X		7,00
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais		X	X	X	9,00	10,00
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso		X	X	X	10,00	10,00

Verificou-se que as ações em situações de emergência após acidentes são as tradicionais e que todos os parâmetros foram recomendados como melhor prática. O parâmetro (emitir boletim informativo à imprensa) somente foi recomendado para os aterros de grande porte.

5.2.9.5 Plano de emergência

A Tabela 5.17 apresenta as questões relativas ao plano de emergência.

Tabela 5.17 - Questões relativas ao plano de emergência

214	PLANO DE EMERGÊNCIA	HOJE		IDEAL		MP	GP
		MP	GP	MP	GP		
	Acionamento plano emergencial		X	X	X	10,00	10,00
	Verificação da existência de vítimas		X	X	X	10,00	10,00
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)		X	X	X	10,00	10,00
	Providenciar recursos materiais e humanos		X	X	X	9,50	10,00
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação			X	X	8,00	9,00
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização		X	X	X	8,00	9,00
	Reconfiguração dos taludes		X	X	X	8,00	8,00
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gas		X	X	X	8,00	9,00
	Recomposição do sistema de cobertura		X	X	X	8,00	8,00
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal		X	X	X	8,00	8,00
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais		X	X	X	8,00	9,00
	Revisar plano de emergência			X	X	10,00	9,00

Observou-se que somente os parâmetros (recuperação de possíveis danos ao solo de fundação e revisar o plano de emergência) não são utilizados atualmente. Todos os parâmetros foram recomendados como melhor prática.

5.2.9.6 Parâmetros operacionais

A Tabela 5.18 apresenta as questões relativas aos parâmetros operacionais

Tabela 5.18 - Questões relativas aos parâmetros operacionais

22	PARÂMETROS OPERACIONAIS	HOJE		IDEAL		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
221	PARÂMETROS						
	Tipos de resíduos aterrados	X	X	X	X	8,00	9,00
	Peso dos resíduos	X	X	X	X	8,00	10,00
	Altura das camadas de resíduos		X	X	X	8,00	9,25
	Inclinação da rampa de aterragem		X	X	X	8,00	9,00
	Número de passadas do equipamento compactador		X	X	X	8,00	10,00
	Acompanhamento topográfico		X	X	X	8,50	9,50
	Densidade dos resíduos aterrados		X	X	X	8,00	8,50
	Espessura da cobertura intermediária		X	X	X	7,00	8,00
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)		X	X	X	8,00	9,00
	Outros. Quais?						

Com exceção dos aterros de médio porte, onde vem sendo considerados somente os tipos de resíduos aterrados, observa-se que como melhor prática, todos os itens foram recomendados.

5.2.10 Comentários dos respondentes sobre a segunda rodada

Analogamente ao questionário da primeira rodada, no questionário da segunda rodada havia algumas lacunas que poderiam opcionalmente ser preenchidas com “X” e ao final de cada bloco, havia a opção de descrever “*outra forma. Qual?*”. A seguir, apresenta-se a reprodução da estrutura e as observações ao questionário feito pelos respondentes:

“No item referente à frequência do monitoramento, penso sempre que no início dos processos deve haver maior cuidado. Se as observações mostrarem que o aterro se “comporta bem”, pode-se espaçar mais (até se tornar semestral, por exemplo) as análises, por razões de economia”.

- Monitoramento geotécnico
 - Recalques verticais
 - Outra forma. Qual? “GPS”
 - Movimentações horizontais
 - Outra forma. Qual? “Marcos Superficiais”

Apesar das poucas sugestões para a segunda rodada, elas também foram isoladas, por isso não foram consideradas no tratamento estatístico, mas, não devem ser desprezadas para inclusões em trabalhos futuros.

5.2.11 Considerações finais

Dos 39 respondentes, após a primeira rodada obteve-se resposta de 19, havendo, portanto, uma abstenção de 49,00 % dos respondentes, o que pela literatura é aceitável que se obtenha entre 30 a 50,00 %.

Segundo literatura citada, em uma segunda rodada é aceitável que se obtenha respostas com uma abstenção entre 20 e 30%, entretanto, obteve-se 95% das respostas, ou seja, dos 19 (dezenove) participantes, 18 (dezoito) responderam, perfazendo uma abstenção de menos de 1,00%.

Baseado nas análises das respostas dos questionários, foram elaboradas diretrizes para o desenvolvimento e implementação de inspeção geotécnica em aterros sanitários, análises de risco e plano de ação emergencial - PAE. Essas diretrizes são apresentadas nos Apêndices M, N e O.

5.3 Resultados individuais dos questionários por situação e porte

São apresentados e comentados a seguir os resultados individuais compilados dos questionários para cada situação (prática atual e melhor prática recomendada) para os aterros de médio e grande porte.

5.3.1 Prática atual para aterros de médio porte

A Tabela 5.19 apresenta os resultados referentes à prática atual nos aterros de médio porte.

Tabela 5.19 - Prática atual para aterros de médio porte

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS			
	ESCOLA DE ENGENHARIA			
	Programa de Pós-Graduação em Sanamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos			
CÓDIGO	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO PARA ATERROS DE MÉDIO PORTE HOJE			
1	PARÂMETROS			
11	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO			
111	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS			
	<i>Método</i>			
	Visual			
112	RECALQUES VERTICAIS			
	<i>Método</i>			
	Visualmente			
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>			
	Em perfil			
	<input type="checkbox"/>	Dique de partida	<input type="checkbox"/>	Todas as bermas dos alteamentos
	<input type="checkbox"/>	Bermas alternadas	<input type="checkbox"/>	Topo
	Espaçamento em planta			
	<input type="checkbox"/>	Até 50 m	<input type="checkbox"/>	Entre 50 e 100 m
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>			
	Fase de Operação			
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/>	Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Quinzenal
	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal
	<input type="checkbox"/>			Semestral
	Pós-fechamento			
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/>	Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Quinzenal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Mensal
	<input type="checkbox"/>			Semestral
123	INSPEÇÕES VISUAIS			
	<i>Parâmetros</i>			
	Erosões			
	Trincas			
	Falta de material de cobertura			
	Falha na proteção vegetal			
	Afundamentos localizados			
	Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas			
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>			
	Fase de operação			
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input checked="" type="checkbox"/>	Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Quinzenal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Mensal
	<input type="checkbox"/>			Semestral
	Pós-fechamento			
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/>	Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Quinzenal
	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Mensal
	<input type="checkbox"/>			Semestral
2	ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS			
21	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES			
213	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA			
	APÓS INCIDENTE			
	Correções nas deformações causadas por recalques			
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás			
	Identificação de trincas			
	Eliminação de trincas			
	Recomposição de pequenos deslizamentos			
	Eliminação de princípios de incêndios			
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis			
22	PARÂMETROS OPERACIONAIS			
221	PARÂMETROS			
	Tipos de resíduos aterrados			
	Peso dos resíduos			

Observa-se que atualmente no monitoramento geotécnico dos aterros de médio porte vem sendo utilizados os parâmetros básicos, como controle visual para os materiais terrosos e pétreos e também para movimentações verticais. Embora os respondentes tenham reconhecido que atualmente o monitoramento de recalques é realizado de forma visual, foram indicados locais e espaçamentos, o que se mostra incoerente. Com relação à frequência, observou-se que na fase operacional ela é mensal e pós-fechamento, semestral.

Os parâmetros para realização de inspeções visuais também seriam os básicos, tais como erosões, trincas, falta de material de cobertura, falha na proteção vegetal, afundamentos localizados e surgências de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas. A frequência vem sendo mensal na fase operacional e na fase pós-fechamento.

As avaliações e considerações na análise de risco/ações emergenciais, após-incidentes, são básicas e locais.

Quanto aos parâmetros operacionais, somente o tipo e peso dos resíduos aterrados vem sendo utilizados.

5.3.2 Prática atual para aterros de grande porte

A Tabela 5.20 apresenta os resultados referentes à prática atual nos aterros de grande porte.

Tabela 5.20 - Prática atual para aterros de grande porte

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS		
	ESCOLA DE ENGENHARIA		
	Programa de Pós-Graduação em Sanamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos		
CÓDIGO	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO PARA ATERROS DE GRANDE PORTE HOJE		
1	PARÂMETROS		
11	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO		
111	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS		
	<i>Método</i>		
	Visual		
	Ensaio de campo		
112	RECALQUES VERTICAIS		
	<i>Método</i>		
	Visualmente		
	Medidas topográficas convencionais		
	Medição de recalques em profundidade		
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>		
	Em perfil		
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Dique de partida	<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Bermas alternadas	<input checked="" type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Até 50 m	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>		
	Fase de Operação		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Quinzenal
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Mensal
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Quinzenal
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Mensal
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Semestral

Tabela 5.20 - Prática atual para aterros de grande porte (continuação)

113	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS
	<i>Método</i>
	Visualmente
	Medidas topográficas convencionais
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>
	Em perfil
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas <input checked="" type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input checked="" type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input checked="" type="checkbox"/> Semestral
114	PORO-PRESSÕES NOS LÍQUIDOS
	<i>Método</i>
	Medidores de nível de líquidos
	Piezômetros convencionais
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>
	Em perfil
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas <input checked="" type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input checked="" type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência(Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input checked="" type="checkbox"/> Semestral
121	PORO-PRESSÕES NOS GASES
	<i>Método</i>
	Piezômetros convencionais
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>
	Em perfil
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas <input checked="" type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input checked="" type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
123	INSPEÇÕES VISUAIS
	<i>Parâmetros</i>
	Erosões
	Trincas
	Falta de material de cobertura
	Falha na proteção vegetal
	Afundamentos localizados
	Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input checked="" type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral

Tabela 5.20 - Prática atual para aterros de grande porte (continuação)

2 ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS	
21	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES
211	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO
	Projeto geométrico do aterro
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes
	Avaliação das análises de estabilidade existentes
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos
	Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados
212	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS
	Hipoteticamente
	Utilizando casos da literatura
	CONSIDERAR
	Deslocamentos verticais e horizontais
	Distância da população
213	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA
	APÓS INCIDENTE
	Correções nas deformações causadas por recalques
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás
	Identificação de trincas
	Eliminação de trincas
	Recomposição de pequenos deslizamentos
	Eliminação de princípios de incêndios
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis
	APÓS ACIDENTE
	<i>Plano de comunicação</i>
	Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso
214	PLANO DE EMERGÊNCIA
	Acionamento plano emergencial
	Verificação da existência de vítimas
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)
	Providenciar recursos materiais e humanos
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização
	Reconfiguração dos taludes
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gás
	Recomposição do sistema de cobertura
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais
22	PARÂMETROS OPERACIONAIS
221	PARÂMETROS
	Tipos de resíduos aterrados
	Peso dos resíduos
	Altura das camadas de resíduos
	Inclinação da rampa de aterragem
	Número de passadas do equipamento compactador
	Acompanhamento topográfico
	Densidade dos resíduos aterrados
	Espessura da cobertura intermediária
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)

Na situação atual para os aterros sanitários de grande porte, observou-se uma exigência maior com a utilização de um número elevado de parâmetros, bem superior ao dos aterros de médio porte.

5.3.3 Melhor prática ou situação ideal para aterros de médio porte

A Tabela 5.21 apresenta os resultados referentes à situação ideal para aterros de médio porte.

Tabela 5.21 - Situação ideal para aterros de médio porte


UFMG	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS		
	ESCOLA DE ENGENHARIA		
	Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos		
CÓDIGO	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO PARA ATERROS DE MEDIO PORTE IDEAL		
1	PARÂMETROS		
11	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO		
111	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS		
	<i>Método</i>		
	Visual		
	Ensaio de campo		
	Ensaio de laboratório		
112	RECALQUES VERTICAIS		
	<i>Método</i>		
	Medidas topográficas convencionais		
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>		
	Em perfil		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Dique de partida	<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Bermas alternadas	<input type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta		
	<input type="checkbox"/>	Até 50 m	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>		
	Fase de operação		
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Quinzenal
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Mensal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento		
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Quinzenal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Mensal
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Semestral
113	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS		
	<i>Método</i>		
	Medidas topográficas convencionais		
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>		
	Em perfil		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Dique de partida	<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Bermas alternadas	<input type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta		
	<input type="checkbox"/>	Até 50 m	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>		
	Fase de operação		
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Quinzenal
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Mensal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento		
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Quinzenal
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Mensal
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Semestral
114	PORO-PRESSÕES NOS LÍQUIDOS		
	<i>Método</i>		
	Medidores de nível de líquidos		
	Piezômetros convencionais		
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>		
	Em perfil		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Dique de partida	<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Bermas alternadas	<input type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta		
	<input type="checkbox"/>	Até 50 m	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>		
	Fase de operação		
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Quinzenal
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Mensal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento		
	<input type="checkbox"/>	Diária	<input type="checkbox"/> Semanal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Quinzenal
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Mensal
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Semestral

Tabela 5.21 - Situação ideal para aterros de médio porte (continuação)

121	PORO-PRESSÕES NOS GASES
	<i>Método</i>
	Piezômetros convencionais
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>
	Em perfil
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas <input checked="" type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input checked="" type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
122	OUTROS ASPECTOS - ENSAIOS NOS RESÍDUOS
	Ensaio físico-químico periódico
123	INSPEÇÕES VISUAIS
	<i>Parâmetros</i>
	Erosões
	Trincas
	Falta de material de cobertura
	Falha na proteção vegetal
	Afundamentos localizados
	Inclinação de arbustos
	Inclinação dos drenos de gás
	Embarrigamento de taludes
	Desalinhamento acentuado de taludes
	Escorregamentos de taludes localizados
	Desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial
	Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas
	Surgência de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input checked="" type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
2	ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS
21	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES
211	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO
	Projeto geométrico do aterro
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)
	Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro
	Topografia da área a jusante do aterro
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro
	Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação
	Histórico do preenchimento do Aterro
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes
	Avaliação das análises de estabilidade existentes
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados
	Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento
212	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS
	Hipoteticamente
	Utilizando casos da literatura
	Utilizando a experiência
	CONSIDERAR
	Deslocamentos verticais e horizontais
	Alcance da massa de resíduo deslocada
	Distância da população
	Identificação dos pontos vulneráveis
	Perigos
	Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados
	Movimentação do Maciço
	Movimentação do solo de fundação
	Movimentação só de taludes
	Possíveis impactos ao patrimônio

Tabela 5.21 - Situação ideal para aterros de médio porte (continuação)

213	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA
	APÓS INCIDENTE
	Correções nas deformações causadas por recalques
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás
	Identificação de trincas
	Eliminação de trincas
	Recomposição de pequenos deslizamentos
	Eliminação de princípios de incêndios
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis
	Redução/rebaixamento da "coluna líquida"
	Considerar relatos de incidentes anteriores
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais
	Disponer de equipamentos para combate às emergências
	Treino de toda a equipe para atender às emergências
	Nomear um coordenador para ações emergenciais
	Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, órgãos públicos e etc)
	Elaborar um plano de inspeção rotineira
	Realização de exercícios simulados
	Elaboração de fluxograma de tomada de decisões
	APÓS ACIDENTE
	<i>Plano de comunicação</i>
	Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros
	Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso
214	PLANO DE EMERGÊNCIA
	Acionamento plano emergencial
	Verificação da existência de vítimas
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)
	Providenciar recursos materiais e humanos
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização
	Reconfiguração dos taludes
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gás
	Recomposição do sistema de cobertura
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais
	Revisar plano de emergência
22	PARÂMETROS OPERACIONAIS
221	PARÂMETROS
	Tipos de resíduos aterrados
	Peso dos resíduos
	Altura das camadas de resíduos
	Inclinação da rampa de aterragem
	Número de passadas do equipamento compactador
	Acompanhamento topográfico
	Densidade dos resíduos aterrados
	Espessura da cobertura intermediária
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)

5.3.4 Melhor prática ou situação ideal para aterros de grande porte

A Tabela 5.22 apresenta os resultados referentes à situação ideal para aterros de grande porte.

Tabela 5.22 - Situação ideal para aterros de grande porte



	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS		
	ESCOLA DE ENGENHARIA		
	Programa de Pós-Graduação em Sanamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos		
CÓDIGO	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO PARA ATERROS DE GRANDE PORTE IDEAL		
1	PARÂMETROS		
11	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO		
111	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS		
	<i>Método</i>		
	Visual		
	Ensaio de campo		
	Ensaio de laboratório		
112	RECALQUES VERTICAIS		
	<i>Método</i>		
	Medidas topográficas convencionais		
	Medição de recalques em profundidade		
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>		
	Em perfil		
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Todas as bermas dos aterros
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Topo
	Espaçamento em planta		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Até 50 m	Entre 50 e 100 m	Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>		
	Fase de Operação		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Diária	Semanal	Quinzenal Mensal Semestral
	Pós-fechamento		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Diária	Semanal	Quinzenal Mensal Semestral
113	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS		
	<i>Método</i>		
	Visualmente		
	Medidas topográficas convencionais		
	Inclinômetros		
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>		
	Em perfil		
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Todas as bermas dos aterros
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Topo
	Espaçamento em planta		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Até 50 m	Entre 50 e 100 m	Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>		
	Fase de operação		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Diária	Semanal	Quinzenal Mensal Semestral
	Pós-fechamento		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Diária	Semanal	Quinzenal Mensal Semestral
114	PORO-PRESSÕES NOS LÍQUIDOS		
	<i>Método</i>		
	Medidores de nível de líquidos		
	Piezômetros convencionais		
	Piezômetros elétricos		
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>		
	Em perfil		
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Todas as bermas dos aterros
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Topo
	Espaçamento em planta		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Até 50 m	Entre 50 e 100 m	Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>		
	Fase de operação		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Diária	Semanal	Quinzenal Mensal Semestral
	Pós-fechamento		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Diária	Semanal	Quinzenal Mensal Semestral

Tabela 5.22 - Situação ideal para aterros de grande porte (continuação)

121	PORO-PRESSÕES NOS GASES
	<i>Método</i>
	Piezômetros convencionais
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>
	Em perfil
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas <input checked="" type="checkbox"/> Topo
	Espaçamento em planta
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input checked="" type="checkbox"/> Maior que 100 m
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
122	OUTROS ASPECTOS - ENSAIOS NOS RESÍDUOS
	Provas de carga
	Sondagens periódicas
	Ensaio físico-químico periódico
123	INSPEÇÕES VISUAIS
	<i>Parâmetros</i>
	Erosões
	Trincas
	Falta de material de cobertura
	Falha na proteção vegetal
	Afundamentos localizados
	Inclinação de arbustos
	Inclinação dos drenos de gás
	Embarrramento de taludes
	Desalinhamento acentuado de taludes
	Escorregamentos de taludes localizados
	Desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial
	Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas
	Surgência de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas
	<i>Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>
	Fase de operação
	<input type="checkbox"/> Diária <input checked="" type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
	Pós-fechamento
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input checked="" type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral
2	ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS
21	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES
211	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO
	Projeto geométrico do aterro
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)
	Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro
	Topografia da área a jusante do aterro
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro
	Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação
	Histórico do preenchimento do Aterro
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes
	Avaliação das análises de estabilidade existentes
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos
	Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados
	Avaliação dos registros de vazões de biogás
	Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento
212	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS
	Hipoteticamente
	Utilizando casos da literatura
	Utilizando a experiência
	Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais
	CONSIDERAR
	Deslocamentos verticais e horizontais
	Alcance da massa de resíduo deslocada
	Distância da população
	Identificação dos pontos vulneráveis
	Perigos
	Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados
	Movimentação do Maciço
	Movimentação do solo de fundação
	Movimentação só de taludes
	Possíveis impactos ao patrimônio
	Explosão por sabotagem

Tabela 5.22 - Situação ideal para aterros de grande porte (continuação)

213	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA
	APÓS INCIDENTE
	Correções nas deformações causadas por recalques
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás
	Identificação de trincas
	Eliminação de trincas
	Recomposição de pequenos deslizamentos
	Eliminação de princípios de incêndios
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis
	Redução/rebaixamento da "coluna líquida"
	Considerar relatos de incidentes anteriores
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais
	Disponer de equipamentos para combate às emergências
	Treino de toda a equipe para atender às emergências
	Nomear um coordenador para ações emergenciais
	Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, órgãos públicos e etc)
	Elaborar um plano de inspeção rotineira
	Realização de exercícios simulados
	Elaboração de fluxograma de tomada de decisões
	APÓS ACIDENTE
	<i>Plano de comunicação</i>
	Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros
	Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos
	Emitir boletins informativos à imprensa
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso
214	PLANO DE EMERGÊNCIA
	Acionamento plano emergencial
	Verificação da existência de vítimas
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)
	Providenciar recursos materiais e humanos
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização
	Reconfiguração dos taludes
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gás
	Recomposição do sistema de cobertura
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais
	Revisar plano de emergência
22	PARÂMETROS OPERACIONAIS
221	PARÂMETROS
	Tipos de resíduos aterrados
	Peso dos resíduos
	Altura das camadas de resíduos
	Inclinação da rampa de aterragem
	Número de passadas do equipamento compactador
	Acompanhamento topográfico
	Densidade dos resíduos aterrados
	Espessura da cobertura intermediária
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)

A melhor prática para os aterros de grande porte deve incluir a quase totalidade dos parâmetros relacionados, o que confirma a necessidade de um maior rigor nas atividades neste tipo de empreendimento.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

A metodologia *Delphi* para pesquisas mostra-se como uma boa ferramenta quando se quer obter informações de vários especialistas e não se pretende sofrer influência de convencimentos quando se faz uma entrevista pessoalmente, mas, apesar da facilidade de sua realização por “meios rápidos” (internet), pode ser frustrante quanto ao tempo de resposta dos entrevistados e ao número de abstenções.

A intenção de realizar um questionário aproveitando talvez esta oportunidade única de obter o número e qualidade dos especialistas que participaram da pesquisa, fez com que o questionário inicial ficasse muito amplo, podendo ter sido a causa de abstenções e algumas respostas incompletas.

Devido à extensão do questionário inicial e sugestões de alguns entrevistados, direcionou-se o foco da pesquisa para os resultados específicos que se queria chegar, ou seja, monitoramento geotécnico, análise de risco/ações emergenciais e parâmetros operacionais. Com o direcionamento, reduziu-se o número de perguntas para a fase 2, o que causou um bom retorno, mostrando assim que este tipo de questionário não pode ser muito extenso.

Apesar da longa duração da etapa de entrevistas através do questionário, verificou-se que mesmo sendo extenso, houve um esforço dos participantes em responder todas as fases com fidelidade. Este fato foi constatado com a análise estatística que apontou para uma convergência das opiniões após a segunda rodada.

Verificou-se com o questionário que muitos parâmetros já são utilizados atualmente e que muito pouca importância tem sido dada aos aterros de médio porte. Mesmo que os aterros de médio porte (abaixo de 20 m de altura), possam não correr riscos geotécnicos, devem ser mais bem monitorados com a introdução de vários outros itens, quer sejam nas drenagens superficiais, drenagens internas de líquidos, eficiência nas drenagens de gases, camada de cobertura, solos naturais a serem utilizados e seus controles e ensaios, controles operacionais, monitoramentos etc.

Como os aterros atuais de grande porte geralmente estão inseridos nas grandes cidades e, conseqüentemente são melhores estruturados e podem contar com maior corpo técnico, isso

faz com que os mesmos venham melhorando sua operação e evoluindo nas questões relacionadas aos monitoramentos.

Para os novos aterros foram recomendados a maioria dos itens, demonstrando assim a necessidade de maior controle em função do porte do empreendimento e respeito às questões ambientais.

Alguns itens como explosão por sabotagem, utilização de piezômetros elétricos, observação visual dos recalques verticais, ensaio de prova de carga dos resíduos, sondagens periódicas, registro de vazão do biogás e emissão de boletim informativo à imprensa (na fase de risco), não são utilizados e não foram recomendados.

Com o questionário verificou-se que a preocupação com as questões geotécnicas são inferiores às mais consagradas como monitoramento de líquidos, gases e outros.

Pelas respostas dadas, há uma indicação para uma melhoria na qualidade dos aterros sanitários de grande porte quando se observa as recomendações da grande maioria dos itens relacionados. Para a utilização de todos os itens recomendados e o avanço tecnológico, faz-se necessário utilizar as normas atuais com sentido mais crítico e até mesmo questioná-la.

Baseado nas análises das respostas dos questionários e conclusões, foram elaboradas diretrizes para o desenvolvimento e implementação de inspeção geotécnica em aterros sanitários, análises de risco e elaboração de Plano de Ação Emergencial - PAE. Essas diretrizes são apresentadas nos Apêndices M, N e O.

A pesquisa não teve a intenção de indicar modelos únicos de monitoramentos geotécnicos e operacionais para aterros sanitários e sim apresentar diretrizes que possam ser usada como referência e servir de balizadores para futuras análises das situações em que haja necessidade de vistorias emergenciais ou mesmo rotineiras para os aterros sanitários.

Sabe-se que são vários os especialistas que lidam com o monitoramento de aterros sanitários, mas, a falta de bibliografias sobre como devem ser realizadas as inspeções rotineiras, as atividades de correções das falhas, os esquemas de contingência e emergenciais em caso de acidentes nos aterros sanitários, dificultam para entendimentos mais profundos.

Na literatura encontram-se relatos (Referências) de atitudes tomadas logo após o evento ou desastres, mas, o que se pretendeu com esta pesquisa foi tentar identificar as anomalias ou evitá-las, antes de um evento desagradável.

6.2 Recomendações

Os aterros sanitários são construídos e operados de maneira muito particular e peculiar, portanto, as informações e diretrizes aqui contidas são meras referências, devendo, para cada caso, serem feitas as considerações e adaptações necessárias para a realidade de cada empreendimento.

O questionário produzido inicialmente para Fase 1 foi elaborado considerando várias atividades relacionadas com aterros sanitários. Devido à sua complexidade, ele foi reduzido para a etapa seguinte, ou seja, fase 2, mas, acredita-se que as informações contidas podem ser exploradas em pesquisas futuras e que as respostas dadas pelos respondentes na fase 1 não devem ser desprezadas.

As adaptações para qualquer empreendimento da ficha de vistoria e das diretrizes para realidades específicas de cada aterro deverão ser feita por profissionais com experiência e formação específica na área de aterros sanitários, com ênfase em geotecnia de resíduos sólidos.

Espera-se também que nas futuras revisões das normas técnicas referentes aos aterros sanitários, sejam pensadas e aprimoradas as informações sobre as questões geotécnicas em função das tecnologias atuais e o avanço da engenharia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIUTTI NETO, L.; VAL, E.C. E ABREU, R.C. (1995). Desempenho de piezômetro Vector em aterro sanitário. Anais do III Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos. 2: 593-601.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: NBR-8419. Rio de Janeiro: ABNT, 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1997. Aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação – Procedimento: NBR-13896. Rio de Janeiro, 12p.

BALBI, D.A.F. Metodologias para a Elaboração de Planos de Ações Emergenciais para Inundações Induzidas por Barragens. Estudo de Caso: Barragem de Peti-MG . 2008. 336f Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BENVENUTO, C. Concepção, projeto, implantação, operação, monitoramento e encerramento de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos. Curso de capacitação técnica (Aula Base). Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM/ MG, 2007.

BLIGHT, G. Slope failures in municipal solid waste dumps and landfills: a review. Waste Management Research, Johannesburg, South Africa 2008; 26:448.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. 1999a. v.1, 69p. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/planejamento.asp>>. Acesso em: 15 jul. 2010

CARVALHO, M. F. Comportamento mecânico dos resíduos sólidos urbanos. São Carlos: EESC-USP, 1999. 306 p. Tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CASTRO, A. L. C. Manual de planejamento em Defesa Civil. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 1999a. v.1, 69p. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/planejamento.asp>>. Acesso em: 14 abr. 2010.

CEPOLLINA, M.; KAIMOTO, L.S.A.; MOTIDOME, M.J.; LEITE, E.F. 2004. Monitoramento em Aterros Sanitários durante a Operação: Desempenho Mecânico e Ambiental. RESID'2004 – Seminário sobre Resíduos Sólidos. Anais... ABGE : São Paulo, SP, 2004.

CODEBA – Companhia das Docas do Estado da Bahia. Plano de Contingência – Porto de Aratu. 2001.

EID, H.T, STARK, T.D., EVANS, W.D., SHERRY, P.E. Municipal solid waste slope failure. II Stability Analyses. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2000, vol. 126 (5), pp.408 – 419.

ESTES, G. M e KUESPERT, D. Delphi in industrial forecasting. In: Chemical and Engineering News, EUA, p. 40-47, agosto 1976.

FASSETT, J.B.; LEONARDS, G.A.; REPETTO, P.C. Geotechnical properties of municipal solid wastes and their use in landfill design. In: Waste Technical Conference – WasteTech '94, 1994, Charleston. Proceedings... Charleston, 1994.

FUCALE, S.P.; JUCÁ, J.F.T. Estudo da resistência à penetração dinâmica (SPT) em aterros de resíduos sólidos urbanos. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28., 2002, México. Proceedings... México: AIDIS, 2002.

GIOVINAZZO, R. A. FISCHMANN, A. A. *Delphi* Eletrônico – Uma Experiência de Utilização da Metodologia de Pesquisa e seu Potencial de Abrangência Regional. Trabalho apresentado no XIV Congresso Latino-americano de Estratégia. 17, 18 e 19 de maio de 2001. Buenos Aires, Argentina.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais- Muinc 2008 . Sétima edição Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

JUCÁ, J.F.T. MONTEIRO, V.E.D.; OLIVEIRA, F.J.S. E MACIEL, F.J. (1999). Monitoramento ambiental do aterro de resíduos sólidos da Muribeca. Anais do 4o Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. São José dos Campos.

JORGE, F. N. Monitoramento em aterros sanitários nas fases de encerramento e de recuperação: desempenhos mecânico e ambiental. RESID'2004 – Seminário sobre Resíduos Sólidos. Anais... ABGE : São Paulo, SP, 2004.

KAIMOTO L. S. A. Monitoramento em Aterros Sanitários durante a Operação: Desempenho Mecânico e Ambiental. RESID'2004 – Seminário sobre Resíduos Sólidos. Anais... ABGE : São Paulo, SP, 2004.

KÖLSCH, F., ZIEHMANM, G. (2004) – Landfill stability: Risks and challenges. Waste Management World. May-June, 55-60p.

LIMA, J. D., Sistemas Integrados de Destinação Final de Resíduos Sólidos. João Pessoa-PB: Abes(Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental). 2005.

MARQUES, A.C.M. Compactação e compressibilidade de resíduos sólidos urbanos. 2001. 469 f. Tese de doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

MARTINO, Joseph P. Technological forecasting for decision making. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill Inc., 1993.

NOGUEIRA, F.R. 2002. Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal. Rio Claro. 256p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, D.A F. (2002) Estabilidade de Taludes de Maciços de Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação de Mestrado. GDM-095A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155p.

OLIVEIRA, F.J.P., MAHLER, C.F. (1998). “Proposta de monitoramento ambiental para operação de aterros sanitários”. Anais do Congresso Brasileiro de Limpeza Pública.

SANTOS, S. M. Propriedades geotécnicas de um aterro de resíduos sólidos. Recife: UFPE, 1997, 98 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1997.

SIMÕES, G.F., Catapreta, C.A.A., Galvão, T.C.B., Batista, H.P. Monitoramento geotécnico de aterros sanitários – A experiência da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 em Belo Horizonte – MG. In: 5º REGEO'2003. Porta Alegre, 2003.

SIMÕES, G.F., (2010). Monitoramento Geotécnico da Central de Tratamento de Resíduos da BR-040 - Avaliação da Estabilidade dos Taludes das Células de Disposição de Resíduos da CTRS da BR-040 – Belo Horizonte – MG. 2010.

Wall D.K. & Zeiss C., (1995). “*Municipal Landfill Biodegradation and Settlement*”. Journal of environmental Engineering, JEE, ASCE, Vol. 121, No 3, pp. 214-223.

A.G.C. RIBEIRO, R. AZEVEDO, E.F. ROCHA, I.C.D. AZEVEDO AND A.S.LORETO Mechanical Properties of municipal Solid Waste. XII International Waste Management and Landfill Symposium, SARDINIA 2009 SYMPOSIUM, 2009.

Sites eletrônicos consultados:

www.pbh.gov.br

www.ibge.gov.br

8 APÊNDICES

8.1 APÊNDICE A - Modelo de e-mail enviado aos participantes na Primeira Etapa ou Fase 1 do questionário.

ILMO

Dr.

Estamos desenvolvendo uma dissertação de mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, intitulada “ESTUDO DAS MELHORES TÉCNICAS PARA MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA AÇÕES EMERGENCIAIS EM ATERROS SANITÁRIOS”.

Parte do projeto envolve a realização de uma pesquisa de opinião a respeito dos parâmetros mais relevantes envolvidos na concepção de monitoramento, análise de risco/ações emergenciais e parâmetros operacionais de Aterros Sanitários, que será realizada por meio da aplicação de um questionário junto a Especialistas (Pesquisadores, Consultores e Projetistas) da área de Geotecnia e Resíduos Sólidos Urbanos e Operadores de Aterros Sanitários.

Em anexo encaminhamos o questionário e um texto explicativo com a metodologia e instruções para preenchimento. Para o sucesso da pesquisa, contamos com a sua colaboração respondendo o questionário.

Caso V.S.a julgue conveniente, aproveitamos para solicitar a indicação de outros profissionais que atuem na área e possam de alguma maneira contribuir para a pesquisa.

Agradecemos desde já sua colaboração.

Atenciosamente,

Heuder Pascele Batista

Orientador

Prof. Dr. Gustavo Ferreira Simões

8.2 APÊNDICE B - Modelo de e-mail enviado aos participantes na Segunda Etapa ou Fase 2 do questionário.

ILMO

Dr.

Dando continuidade à dissertação de mestrado junto ao programa de Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, intitulada “ESTUDO DAS MELHORES TÉCNICAS PARA MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA AÇÕES EMERGENCIAIS EM ATERROS SANITÁRIOS”.

Nesta 2ª Etapa os participantes receberão novamente o questionário, em um número bem menor de itens, portanto mais objetivo, onde poderão, após a análise deste, modificar ou não suas respostas anteriores.

Em anexo encaminhamos o questionário contendo um texto explicativo com a metodologia e instruções para preenchimento. Para o sucesso da pesquisa, contamos mais uma vez com a sua colaboração respondendo o questionário.

Agradecemos desde já sua colaboração.

Atenciosamente,

Heuder Pascele Batista

Orientador

Prof. Dr. Gustavo Ferreira Simões

8.3 APÊNDICE C - Modelo de carta enviada aos participantes na primeira etapa ou fase 1 do questionário.

PESQUISA

ESTUDO DAS MELHORES TÉCNICAS PARA MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA AÇÕES EMERGENCIAIS EM ATERROS SANITÁRIOS

O presente questionário tem como objetivo promover, junto a Especialistas (Pesquisadores, Consultores e Projetistas) da área de Geotecnia e Resíduos Sólidos Urbanos e Operadores de Aterros Sanitários, uma pesquisa de opinião a respeito dos parâmetros mais relevantes envolvidos na concepção de projetos, implantação, operação e monitoramento de Aterros Sanitários.

O procedimento para aplicação e elaboração dos questionários foi desenvolvido de acordo com alguns aspectos do método *DELPHI*.

O *Delphi*, ou jogo de Delphos, baseia-se na convergência de opiniões sobre uma mesma questão. Esta convergência é obtida através de sucessivas “rodadas” de questionários enviados a Especialistas, sendo que a cada “rodada” é apresentada a tabulação da primeira e dada a opção de ser revista a opinião anterior. Normalmente, em três “rodadas” é obtida a convergência.

As características do método DELPHI consideradas são:

- **O anonimato**, com a finalidade de reduzir fatores psicológicos como, por exemplo, a possível influência da opinião de participantes com maior grau de especialização sobre os demais ou a resistência que alguns apresentem em mudar de opinião durante o processo;
- A representação estatística dos resultados;
- O *feedback*, com o objetivo de que os participantes tenham a chance de revisar seus pontos de vista após conhecer as opiniões e comentários dos demais, convergindo para um maior consenso a cada rodada.

A Pesquisa em curso será constituída por 3 etapas:

- 1ª Etapa: Os participantes receberão o primeiro questionário no qual deverão assinalar com “x” a opção que melhor lhe convier, nos quadros em branco e atribuir pesos a cada um dos parâmetros relativos ao questionário em anexo;
- 2ª Etapa: Os participantes receberão novamente o questionário, acrescido de sugestões e comentários ocorridos, junto com as suas respostas e um relatório contendo o levantamento dos resultados obtidos durante a 1ª Etapa. Desta forma, poderão, após a análise deste, modificar ou não suas respostas anteriores.
- 3ª Etapa: Os participantes receberão o mesmo questionário junto com as suas respostas e um levantamento dos resultados obtidos durante a 2ª Etapa. Poderão modificar ou não suas respostas anteriores pela última vez.

Após o término do processo, todos os participantes receberão um relatório com os resultados finais da pesquisa de opinião.

Unidade objeto do estudo e escolha dos parâmetros

No presente estudo consideram-se como objeto de investigação os aspectos relacionados às fases de projeto, operação, encerramento e monitoramento de aterros sanitários de médio porte (altura inferior a 20m) e de grande porte (altura superior a 20m).

Os parâmetros utilizados para confecção do questionário foram baseados em normas técnicas, recomendações de órgãos ambientais, literatura técnica e na experiência prática da construção, operação e monitoramento dos aterros sanitários.

Instruções para o preenchimento do questionário

Para o preenchimento do questionário, o respondente deverá escolher, marcando com um X nos quadros em branco, para cada parâmetro, uma das opções apresentadas:

- HOJE (que deverá refletir a visão do respondente sobre a prática atual)
- IDEAL (que deverá refletir a opinião do respondente sobre a situação que seria desejável, considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais etc.)
- INDECISO/NÃO SABE (em caso de dúvida ou desconhecimento).

Aos parâmetros assinalados, o respondente deverá atribuir PESOS/NOTAS, que devem refletir a importância do parâmetro considerado. Deverá ser utilizada uma escala de 0 (zero – sem importância) a 10 (dez – imprescindível).

De acordo com os conceitos acima, as duas opções poderão ser marcadas, MP e GP ou apenas uma delas.

As siglas MP e GP se referem, respectivamente, a aterros de Médio Porte (até 20m altura) e Grande Porte (acima de 20m de altura).

No final poderão ser incluídos comentários e justificativas, se o respondente assim o desejar, podendo também sugerir a **inclusão ou exclusão de parâmetros**.

Assim que responder, favor encaminhar via e-mail, como anexo para hpascele@terra.com.br.

Caso tenha dúvidas poderá entrar em contato com o pesquisador pelos telefones:

31 33721314 ou 31 99813330.

Desde já agradecemos a sua colaboração.

Contato:

Responsável pela pesquisa:

Heuder Pascele Batista
email: hpascele@terra.com.br
Telefone: (31) 33721314
Cel: (31)9981-3330

Professor orientador:

Gustavo Ferreira Simões
Escola de Engenharia da UFMG
Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia
email: gustavo@etg.ufmg.br
Telefone: (31) 34091792

8.4 APÊNDICE D - Modelo de carta enviada aos participantes na segunda etapa ou fase 2 do questionário.

CARTA DELPHI FASE 2

PESQUISA

ESTUDO DAS MELHORES TÉCNICAS PARA MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA AÇÕES EMERGENCIAIS EM ATERROS SANITÁRIOS

O presente questionário tem como objetivo promover, junto a Especialistas (Pesquisadores, Consultores e Projetistas) da área de Geotecnia e Resíduos Sólidos Urbanos e Operadores de Aterros Sanitários, uma pesquisa de opinião a respeito dos parâmetros mais relevantes envolvidos na concepção do monitoramento, análise de risco/ações emergenciais e parâmetros operacionais de Aterros Sanitários.

O procedimento para aplicação e elaboração dos questionários foi desenvolvido de acordo com alguns aspectos do método *DELPHI*.

O *Delphi*, ou jogo de Delphos, baseia-se na convergência de opiniões sobre uma mesma questão. Esta convergência é obtida através de sucessivas “rodadas” de questionários enviados a Especialistas, sendo que a cada “rodada” é apresentada a tabulação da primeira e dada a opção de ser revista a opinião anterior. Normalmente, em três “rodadas” é obtida a convergência.

As características do método *DELPHI* consideradas são:

- **O anonimato**, com a finalidade de reduzir fatores psicológicos como, por exemplo, a possível influência da opinião de participantes com maior grau de especialização sobre os demais ou a resistência que alguns apresentem em mudar de opinião durante o processo;
- A representação estatística dos resultados;
- O feedback, com o objetivo de que os participantes tenham a chance de revisar seus pontos de vista após conhecer as opiniões e comentários dos demais, convergindo para um maior consenso a cada rodada.

A Pesquisa em curso será constituída por 3 etapas:

- 1ª Etapa: Os participantes receberão o primeiro questionário no qual deverão assinalar com “x” a opção que melhor lhe convier, nos quadros em branco e atribuir pesos a cada um dos parâmetros relativos ao questionário em anexo;
- 2ª Etapa: Os participantes receberão novamente o questionário, acrescido de sugestões e comentários ocorridos, junto com as suas respostas e um relatório contendo o levantamento dos resultados obtidos durante a 1ª Etapa. Desta forma, poderão, após a análise deste, modificar ou não suas respostas anteriores.
- 3ª Etapa: Os participantes receberão o mesmo questionário junto com as suas respostas e um levantamento dos resultados obtidos durante a 2ª Etapa. Poderão modificar ou não suas respostas anteriores pela última vez.

Após o término do processo, todos os participantes receberão um relatório com os resultados finais da pesquisa de opinião.

Unidade objeto do estudo e escolha dos parâmetros

No presente estudo consideram-se como objeto de investigação os aspectos relacionados às fases de monitoramento, análise de risco/ações emergenciais e parâmetros operacionais de aterros sanitários de médio porte (altura inferior a 20m) e de grande porte (altura superior a 20m).

Os parâmetros utilizados para confecção do questionário foram baseados em normas técnicas, recomendações de órgãos ambientais, literatura técnica e na experiência prática da construção, operação e monitoramento dos aterros sanitários.

Instruções para o preenchimento do questionário

Para o preenchimento do questionário, o respondente deverá escolher, marcando com um X nos quadros em branco, para cada parâmetro, uma das opções apresentadas:

- HOJE (que deverá refletir a visão do respondente sobre a prática atual);
- IDEAL (que deverá refletir a opinião do respondente sobre a situação que seria desejável, considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais etc.);
- INDECISO/NÃO SABE (em caso de dúvida ou desconhecimento).

Aos parâmetros assinalados, o respondente deverá atribuir PESOS/NOTAS, que devem refletir a importância do parâmetro considerado. Deverá ser utilizada uma escala de 0 (zero – sem importância) a 10 (dez – imprescindível).

De acordo com os conceitos acima, as duas opções poderão ser marcadas, MP e GP ou apenas uma delas.

As siglas MP e GP se referem, respectivamente, a aterros de Médio Porte (até 20m altura) e Grande Porte (acima de 20m de altura).

No final poderão ser incluídos comentários e justificativas, se o respondente assim o desejar, podendo também sugerir a **inclusão ou exclusão de parâmetros**.

Assim que responder, favor encaminhar via e-mail, como anexo para hpascele@terra.com.br.

Caso tenha dúvidas poderá entrar em contato com o pesquisador pelos telefones:

31 33721314 ou 31 99813330.

Desde já agradecemos a sua colaboração.

Contato:

Responsável pela pesquisa:

Heuder Pascele Batista
email: hpascele@terra.com.br
Telefone: (31) 33721314
Cel: (31)9981-3330

Professor orientador:

Gustavo Ferreira Simões
Escola de Engenharia da UFMG
Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia
email: gustavo@etg.ufmg.br
Telefone: (31) 34091792

8.5 APÊNDICE E - Modelo de questionário enviado aos participantes na Primeira Etapa ou Fase 1.

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1

CÓDIGO	PARÂMETROS	MARCAR COM X QUANTO A RELEVÂNCIA E DAR PESO/NOTA: 0 a 10							
		HOJE		IDEAL		INDECISO/NS		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
1	ESTUDOS								
11	RELEVO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Topografia								
	Geomorfologia								
12	HIDROLOGIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Precipitação								
	Temperatura								
	Evaporação								
	Umidade relativa								
	Radiação solar								
	Direção e velocidade do vento								
	Hidrografia								
13	GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
131	CARACTERÍSTICAS								
	Perfil do subsolo								
	Profundidade do lençol								
	Caracterização dos fluxos subterrâneos								
	Identificação de zonas de recarga								
	Caracterização físico-química e biológica das águas subterrâneas								
132	MÉTODO								
	Sondagem simples tipo SPT								
	Métodos geofísicos								
	Instalação de poços de monitoramento								
	Simulação numérica do fluxo subterrâneo								
14	GEOTECNIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
141	PROPRIEDADES DOS SOLOS DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO								
	Caracterização geotécnica convencional (massa esp., granulometria, limites etc)								
	Resistência								
	Compressibilidade / deformabilidade								
	Condutividade hidráulica								
	Mineralogia								
	Capacidade de retenção de contaminantes								
	Expansibilidade								
	Colapsividade								
	Avaliação de propriedades na condição não saturada								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

142	MÉTODO								
	<i>Ensaio de Campo</i>								
	SPT								
	Cone								
	Dilatômetro								
	Pressiômetro								
	Prova de carga								
	Métodos geofísicos								
	Permeabilidade em campo								
	<i>Ensaio de Laboratório</i>								
	Coleta de amostras indeformadas								
	Até a profundidade do lençol								
	De todo o perfil do solo								
	Caracterização geotécnica convencional								
	Utilização de líquidos lixiviados (chorume) como fluido nos ensaios								
	<i>Resistência</i>								
	CBR								
	Compressão não confinada								
	Cisalhamento direto								
	Compressão triaxial								
	<i>Compressibilidade/deformabilidade</i>								
	Compressão confinada								
	Avaliação da colapsividade								
	Condutividade hidráulica								
	Permeâmetro de parede rígida								
	Permeâmetro de parede flexível (com avaliação da influência da tensão confinante)								
	Condutividade hidráulica não saturada								
	Curva característica de retenção								
	Ensaio de erodibilidade								
	Ensaio mineralógicos								
	<i>Propriedades químicas</i>								
	Ensaio de coluna								
	Ensaio de equilíbrio em lote								
	Compatibilidade química com os líquidos lixiviados								
2	PROJETOS								
21	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
211	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DO TIPO DE IMPERMEABILIZAÇÃO								
	Condições geológicas e geotécnicas locais								
	Custo								
	Tempo de execução								
	Qualidade								
	Disponibilidade de materiais								
	Compatibilidade dos materiais								
212	PROPRIEDADES E PARÂMETROS NECESSÁRIOS DOS RESÍDUOS								
	Composição gravimétrica								
	Densidade								
	Permeabilidade								
	Nível interno de líquidos								
213	OBTENÇÃO DAS PROPRIEDADES								
	Literatura								
	Experiência								
	Ensaio de laboratório								
	Ensaio de campo								
	Utilização de modelos empíricos, analíticos e/ou computacionais								
214	MATERIAIS NATURAIS (SOLOS COMPACTADOS)	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Propriedades a serem avaliadas e/ou ensaios</i>								
	Massa específica dos grãos								
	Granulometria								
	Limites consistência								
	Parâmetros de compactação								
	Resistência								
	CBR								
	Compressão não confinada								
	Cisalhamento direto								
	Compressão triaxial								
	Compressibilidade/deformabilidade (compressão confinada)								
	Condutividade hidráulica								
	Permeâmetro de parede rígida								
	Permeâmetro de parede flexível (com avaliação da influência da tensão confinante)								
	Condutividade hidráulica não saturada								
	Curva característica de retenção								
	Mineralogia								
	Capacidade de retenção de contaminantes								
	Utilização de líquidos lixiviados (chorume) como fluido nos ensaios								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

215 MATERIAIS SINTÉTICOS		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
<i>Propriedades a serem avaliadas</i>									
Condutividade hidráulica									
Resistência mecânica									
Resistência das interfaces solo-geossintético									
Compatibilidade química com os líquidos lixiviados (chorume)									
Durabilidade									
<i>Material</i>									
PEAD									
PVC									
Manta asfáltica									
<i>Espessuras mínimas (assinale com "x" nos quadros)</i>									
Aterros de Médio Porte									
PVC	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm					
PEAD	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm					
Manta asfáltica	2,0 mm	4,0 mm	5,0 mm	> 5,0 mm					
Aterros de Grande Porte									
PEAD	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm					
PVC	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm					
Manta asfáltica	2,0 mm	4,0 mm	5,0 mm	> 5,0 mm					
216 MATERIAIS MISTO		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
Compatibilidade química com os líquidos lixiviados (chorume)									
Resistência das interfaces solo-geossintético									
217 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO									
Lei de Darcy									
Equação do transporte advectivo-difusivo de contaminantes									
Equação do transporte advectivo-difusivo-reactivo de contaminantes									
Método empírico									
Baseado somente na experiência									
218 CONSIDERAR									
Sistema de detecção de vazamento									
219 EXECUÇÃO									
Acompanhamento topográfico									
Controle de qualidade em laboratório									
Controle de qualidade com serviços em campo									
Proteção mecânica contra intempéries									
22 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
221 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO									
Racional									
Empírico									
Baseado somente na experiência									
222 ESTRUTURAS QUE PODERÃO CONSTAR DO PROJETO									
Canais de drenagem									
Canaletas de pés-de-taludes									
Canaletas nas cristas dos taludes									
Escadas de dissipação de águas pluviais									
Outro tipo: Qual?									
23 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNO DE LÍQUIDOS		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
231 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS									
Custo									
Eficiência									
Durabilidade									
Possibilidade de aproveitamento de algum tipo de resíduo									
232 PARÂMETROS NECESSÁRIOS									
Composição gravimétrica									
Permeabilidade dos resíduos									
Permeabilidade dos materiais drenantes utilizados									
Propriedades de filtração entre os materiais e os resíduos									
233 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS									
Literatura									
Experiência									
Ensaio de laboratório									
Ensaio de campo									
234 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO									
Balanço hídrico climatológico									
Método Suiço									
Modelo computacional (HELP etc.)									
Baseado somente na experiência									
235 MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS :									
Pedra-de-mão ou rachão									
Resíduos de construção civil reciclados									
Pneus									
Tubos plásticos									
Outro material. Qual?									

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

236	TIPOS DE DRENOS:								
	Tapete drenante								
	Espinha de peixe								
	Anelar								
	Outro tipo. Qual?								
237	POSICIONAMENTO DAS LINHAS DE DRENAGENS								
	Base								
	Intermediárias após cada camada de resíduos								
	Base, meio e topo (última camada)								
	Pés-de-taludes								
	Verticais interligados aos horizontais								
238	OUTROS ASPECTOS								
	Utilização dos drenos verticais como medidores de nível de líquidos								
	Utilização de geotêxteis para proteção/filtração dos materiais drenantes								
	Realização de ensaios de filtração nos geotêxteis								
	Utilização de capim para proteção/filtração dos materiais drenantes								
	Interligação ao sistema de drenagem de gases								
24	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
241	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS								
	Custo								
	Eficiência								
	Durabilidade								
	Possibilidade de aproveitamento de algum tipo de resíduo								
242	PARÂMETROS NECESSÁRIOS								
	Composição gravimétrica dos resíduos								
	Biodegradabilidade dos resíduos								
	Permeabilidade dos resíduos ao gás								
	Permeabilidade dos materiais drenantes utilizados ao gás								
243	OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS								
	Literatura								
	Experiência								
	Ensaio de laboratório								
	Ensaio de campo								
244	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO								
	Método Racional								
	Método Empírico								
	Modelo computacional								
	Baseado somente na experiência								
245	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS								
	Pedra-de-mão ou rachão								
	Resíduos de construção civil reciclados								
	Pneus								
	Outro material. Qual?								
246	CONFIGURAÇÃO								
	Interligado aos drenos de líquidos								
	Independente dos drenos de líquidos								
247	DRENAGEM VERTICAL (FORMATO)								
	Drenagem considerando só o material drenante								
	Drenagem considerando material drenante + tela								
	Drenagem considerando material drenante + tubo de concreto perfurado								
	Instalação de tudo (plástico) interno perfurado								
248	EXECUÇÃO								
	Após a conclusão das camadas de resíduos								
	Antes da execução das camadas de resíduos								
	Concomitante ao aterramento								
249	OUTROS ASPECTOS								
	Prever dispositivos para reaproveitamento energético								
25	CAMADA DE COBERTURA								
251	FINAL	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
2511	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DO TIPO DE CAMADA DE COBERTURA								
	Custo								
	Tempo de execução								
	Qualidade								
	Disponibilidade de materiais								
	Possibilidade de aproveitamento de algum tipo de resíduo								
	Compatibilidade dos materiais								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
2512 MATERIAIS NATURAIS (SOLOS COMPACTADOS)								
<i>Propriedades a serem avaliadas e/ou ensaios</i>								
Massa específica dos grãos								
Granulometria								
Limites consistência								
Parâmetros de compactação								
Resistência								
CBR								
Compressão não confinada								
Cisalhamento direto								
Compressão triaxial								
Compressibilidade/deformabilidade (compressão confinada)								
Condutividade hidráulica								
Permeâmetro de parede rígida								
Permeâmetro de parede flexível (com avaliação da influência da tensão confinante)								
Condutividade hidráulica não saturada								
Curva característica de retenção								
Permeabilidade ao gás								
Mineralogia								
Capacidade de oxidação do biogás								
2513 MATERIAIS SINTÉTICOS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
<i>Propriedades a serem avaliadas</i>								
Condutividade hidráulica								
Permeabilidade ao gás								
Resistência mecânica								
Durabilidade								
<i>Material</i>								
PEAD								
PVC								
Manta asfáltica								
2514 MISTO								
<i>Propriedades a serem avaliadas</i>								
Resistência das interfaces solo/geossintético								
2515 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO								
Baseado na exigência das normas								
Baseado somente na experiência								
Modelo computacional considerando a interação com a atmosfera								
2516 CONFIGURAÇÃO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
<i>Região de Clima Úmido</i>								
Camada impermeável monolítica de solo compactado								
Camada evapotranspirativa								
Barreira capilar								
Solo compactado + geossintético impermeabilizante								
<i>Região de Clima Seco</i>								
Camada impermeável monolítica de solo compactado								
Camada evapotranspirativa								
Barreira capilar								
Solo compactado + geossintético impermeabilizante								
2517 CAMADAS COMPLEMENTARES (acima da última camada dos resíduos depositados)								
Proteção acima dos resíduos								
Drenagem de gases (acima da camada de proteção. Ex. colchão drenante superior)								
Drenagem de líquidos (abaixo da camada de solo fértil)								
Camada fértil para estabelecimento de vegetação								
2518 EXECUÇÃO								
Acompanhamento topográfico								
Controle de qualidade em laboratório								
Controle de qualidade com serviços em campo								
Proteção mecânica contra intempéries								
2519 OUTROS ASPECTOS								
Avaliar resistência das interfaces entre os diferentes materiais utilizados								
Prever dispositivos para reaproveitamento energético								
252 INTERMEDIÁRIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
2521 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS								
Custo								
Tempo de execução								
Qualidade								
Disponibilidade de materiais								
Possibilidade de aproveitamento de algum de resíduo								
2522 MATERIAIS PARA RECOBRIMENTO								
Solos								
Resíduos da construção civil								
Lona								
Nenhuma								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

2523	EXECUÇÃO DO RECOBRIMENTO								
	Diária								
	Em dias alternados								
	Não cobrir								
	Outra alternativa								
	Lançamento e espalhamento sem remoção								
	Lançamento e remoção antes da disposição de outra camada								
26	PROJETO GEOMÉTRICO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
261	PARÂMETROS NECESSÁRIOS								
	<i>Resíduos</i>								
	Composição gravimétrica								
	Taxa de geração								
	Densidade								
	Resistência								
	Compressibilidade/deformabilidade								
	Biodegradabilidade dos resíduos								
	Permeabilidade								
	<i>Camadas de Cobertura Intermediárias</i>								
	Espessura								
	Densidade								
	Resistência								
	Condutividade hidráulica								
	Permeabilidade ao gás								
	<i>Gerais</i>								
	Nível interno de líquidos								
	Pressões nos gases								
262	OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS								
	Literatura								
	Experiência								
	Ensaíos de laboratório								
	Ensaíos de campo								
	Simulações numéricas								
263	ANÁLISE DE ESTABILIDADE								
	<i>Método de cálculo</i>								
	Racional (Fatias)								
	Empírico								
	Baseado somente na experiência								
264	OUTROS ASPECTOS								
	Considerar recalques no dimensionamento								
	Avaliar a influência da exploração de gases na estabilidade								
3	MONITORAMENTO								
31	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
311	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS								
	<i>Método</i>								
	Visual								
	Ensaíos de campo								
	Ensaíos de laboratório								
312	RECALQUES VERTICAIS								
	<i>Método</i>								
	Visualmente								
	Medidas topográficas convencionais								
	Medição de recalques em profundidade								
	Outra forma. Qual?								
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>								
	Em perfil								
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos								
	<input type="checkbox"/> Bermas alternadas <input type="checkbox"/> Topo								
	Espaçamento em planta								
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input type="checkbox"/> Maior que 100 m								
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>								
	Fase de Operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

313	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS								
	<i>Método</i>								
	Visualmente								
	Medidas topográficas convencionais								
	Inclinômetros								
	Outra forma. Qual?								
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>								
	Em perfil								
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos								
	<input type="checkbox"/> Bermas alternadas <input type="checkbox"/> Topo								
	Espaçamento em planta								
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input type="checkbox"/> Maior que 100 m								
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
314	PORO-PRESSÕES NOS LÍQUIDOS								
	<i>Método</i>								
	Medidores de nível de líquidos								
	Piezômetros convencionais								
	Piezômetros elétricos								
	Outra forma. Qual?								
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>								
	Em perfil								
	<input type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos								
	<input type="checkbox"/> Bermas alternadas <input type="checkbox"/> Topo								
	Espaçamento em planta								
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input type="checkbox"/> Maior que 100 m								
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
321	PORO-PRESSÕES NOS GASES								
	<i>Método</i>								
	Piezômetros convencionais								
	Piezômetros elétricos								
	Outra forma. Qual?								
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>								
	Em perfil								
	<input checked="" type="checkbox"/> Dique de partida <input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos								
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas <input type="checkbox"/> Topo								
	Espaçamento em planta								
	<input type="checkbox"/> Até 50 m <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m <input type="checkbox"/> Maior que 100 m								
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
322	OUTROS ASPECTOS - ENSAIOS NOS RESÍDUOS								
	Provas de carga								
	Sondagens periódicas								
	Ensaios físico-químicos periódicos								
	Outros. Quais?								
323	INSPEÇÕES VISUAIS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Parâmetros</i>								
	Erosões								
	Trincas								
	Falta de material de cobertura								
	Falha na proteção vegetal								
	Afundamentos localizados								
	Inclinação de arbustos								
	Inclinação dos drenos de gás								
	Embarriamento de taludes								
	Desalinhamento acentuado de taludes								
	Escorregamentos de taludes localizados								
	Desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial								
	Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas								
	Surgência de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas								
	Outros. Quais?								
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

33	ÁGUAS SUPERFICIAIS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
331	PARÂMETROS								
	Vazão								
	pH								
	Alcalinidade								
	Temperatura								
	Turbidez								
	DBO/DQO								
	Metais								
	Sais								
	Outros. Quais?								
332	MÉTODO								
	Visualmente								
	Coleta de amostras e análises de laboratório								
	Outra forma								
333	LOCAL DE MONITORAMENTO								
	Cursos d'água naturais a montante da área do aterro								
	Cursos d'água naturais a jusante da área do aterro								
	Nos dispositivos de drenagem								
	Outra forma								
334	QUANDO								
	Fase de implantação								
	Fase de operação								
	Pós-fechamento								
335	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)								
	Fase de implantação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
34	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
341	PARÂMETROS								
	pH								
	Alcalinidade								
	Temperatura								
	Turbidez								
	DBO/DQO								
	Metais								
	Sais								
	Outros. Quais?								
332	MÉTODO								
	Visualmente								
	Instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras e análises de laboratório								
	Utilização de métodos geofísicos								
	Outra forma. Qual?								
333	LOCAL DE MONITORAMENTO								
	Distribuição no entorno da área de forma aleatória								
	Distribuição em função do estudo hidrogeológicos								
	Outra forma. Qual?								
334	QUANTIDADE								
	Conforme a norma (1 montante e 3 jusante)								
	Função do tamanho da área								
	Função das condições hidrogeológicas da área								
335	QUANDO								
	Fase de implantação								
	Fase de operação								
	Pós-fechamento								
336	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)								
	Fase de implantação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
34	QUALIDADE DO AR	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
341	PARÂMETROS								
	Umidade relativa do ar								
	Pluviosidade								
	Partículas totais em suspensão								
	Partículas inaláveis								
	Direção do vento								
	Atividades industriais próximas								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

342	MÉTODO								
	Visualmente								
	Instalação de medidores de partículas inaláveis (PM-10)								
	Instalação de medidores de partículas em suspensão (HI-VOL)								
	Outro tipo de instrumento. Qual?								
343	LOCAL DE MONITORAMENTO								
	Distribuição no entorno da área de forma aleatória								
	Distribuição em função do estudo de direções predominantes de vento								
	Outra forma								
344	QUANDO								
	Fase de implantação								
	Fase de operação								
	Pós-fechamento								
345	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)								
	Fase de implantação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
346	MEDIDAS DE CONTROLE								
	Umidificação dos resíduos na descarga dos caminhões								
	Umidificação de vias								
	Outras medidas. Quais?								
35	PARÂMETROS OPERACIONAIS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
351	PARÂMETROS								
	Tipos de resíduos aterrados								
	Peso dos resíduos								
	Altura das camadas de resíduos								
	Inclinação da rampa de aterragem								
	Número de passadas do equipamento compactador								
	Acompanhamento topográfico								
	Densidade dos resíduos aterrados								
	Espessura da cobertura intermediária								
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)								
	Outros. Quais?								
36	LÍQUIDOS LIXIVIADOS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
361	PARÂMETROS								
	Vazão								
	Parâmetros físico-químicos e biológicos								
	Outros. Quais?								
362	LOCAL DE MONITORAMENTO								
	Antes do Sistema de Tratamento								
	Após o Sistema de Tratamento								
363	QUANDO								
	Fase de operação								
	Pós-fechamento								
364	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
37	PRESSÃO SONORA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
371	LOCAL DE MONITORAMENTO								
	Dentro da área do aterro								
	No entorno da área do aterro								
372	QUANDO								
	Fase de implantação								
	Fase de operação								
	Pós-fechamento								
373	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)								
	Fase de implantação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Fase de operação								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								
	Pós-fechamento								
	<input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quinzenal <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Semestral								

Tabela 8.1 - Questionário Fase 1 (continuação)

4 ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS									
41	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
411	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO								
	Projeto geométrico do aterro								
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)								
	Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro								
	Topografia da área a jusante do aterro								
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro								
	Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação								
	Histórico do preenchimento do Aterro								
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes								
	Avaliação das análises de estabilidade existentes								
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques								
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos								
	Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases								
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados								
	Avaliação dos registros de vazões de biogás								
	Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento								
	Outros aspectos								
412	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS								
	Hipoteticamente								
	Utilizando casos da literatura								
	Utilizando a experiência								
	Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais								
	CONSIDERAR								
	Deslocamentos verticais e horizontais								
	Alcance da massa de resíduo deslocada								
	Distância da população								
	Identificação dos pontos vulneráveis								
	Perigos								
	Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados								
	Movimentação do Maciço								
	Movimentação do solo de fundação								
	Movimentação só de taludes								
	Possíveis impactos ao patrimônio								
	Explosão por sabotagem								
413	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	APÓS INCIDENTE								
	Correções nas deformações causadas por recalques								
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás								
	Identificação de trincas								
	Eliminação de trincas								
	Recomposição de pequenos deslizamentos								
	Eliminação de princípios de incêndios								
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis								
	Redução/rebaixamento da "coluna líquida"								
	Considerar relatos de incidentes anteriores								
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais								
	Disponibilizar equipamentos para combate às emergências								
	Treinar toda a equipe para atender às emergências								
	Nomear um coordenador para ações emergenciais								
	Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, órgãos públicos e etc)								
	Elaborar um plano de inspeção rotineira								
	Realização de exercícios simulados								
	Elaboração de fluxograma de tomada de decisões								
	APÓS ACIDENTE	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Plano de comunicação								
	Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros								
	Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente								
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos								
	Emitir boletins informativos à imprensa								
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais								
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso								
414	PLANO DE EMERGÊNCIA								
	Acionamento plano emergencial								
	Verificação da existência de vítimas								
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)								
	Providenciar recursos materiais e humanos								
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação								
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização								
	Reconfiguração dos taludes								
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gas								
	Recomposição do sistema de cobertura								
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal								
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais								
	Revisar plano de emergência								
SUGESTÕES:									

8.6 APÊNDICE F - Exemplo de questionário enviado aos participantes na Primeira Etapa ou Fase 1 respondido.

Tabela 8.2 - Questionário Fase 1 respondido

CÓDIGO	PARÂMETROS	MARCAR COM X QUANTO A RELEVÂNCIA E DAR PESO/NOTA: 0 a 10							
		HOJE		IDEAL		INDECISO/NS		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
1	ESTUDOS								
11	RELEVO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Topografia	X	X	X	X			9,00	10,00
	Geomorfologia			X	X	X		8,00	8,00
12	HIDROLOGIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
	Precipitação	X	X	X	X			10,00	10,00
	Temperatura				X			6,00	7,00
	Evaporação			X	X			8,00	8,00
	Umidade relativa				X			6,00	7,00
	Radiação solar				X			5,50	6,00
	Direção e velocidade do vento		X	X	X			6,00	8,00
	Hidrografia	X	X	X	X			9,00	9,50
13	GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
131	CARACTERÍSTICAS								
	Perfil do subsolo	X	X	X	X			9,00	10,00
	Profundidade do lençol	X	X	X	X			10,00	10,00
	Caracterização dos fluxos subterrâneos			X	X			7,50	10,00
	Identificação de zonas de recarga			X	X			8,00	8,50
	Caracterização físico-química e biológica das águas subterrâneas		X	X	X			10,00	10,00
132	MÉTODO								
	Sondagem simples tipo SPT	X	X	X	X			10,00	10,00
	Métodos geofísicos				X			7,50	8,00
	Instalação de poços de monitoramento	X	X	X	X			10,00	10,00
	Simulação numérica do fluxo subterrâneo				X			6,00	6,00
14	GEOTECNIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
141	PROPRIEDADES DOS SOLOS DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO								
	Caracterização geotécnica convencional (massa esp., granulometria, limites etc)	X	X	X	X			10,00	10,00
	Resistência			X	X			7,00	8,00
	Compressibilidade / deformabilidade			X	X			7,50	8,00
	Condutividade hidráulica	X	X	X	X			10,00	10,00
	Mineralogia				X			6,50	6,50
	Capacidade de retenção de contaminantes			X	X			9,00	8,50
	Expansibilidade				X			7,00	8,00
	Colapsividade				X			7,50	7,00
	Avaliação de propriedades na condição não saturada				X			6,00	8,00

Tabela 8.2 - Questionário Fase 1 respondido (continuação)

215 MATERIAIS SINTÉTICOS								MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
<i>Propriedades a serem avaliadas</i>																	
Condutividade hidráulica									X	X	X				10,00	9,00	
Resistência mecânica									X	X	X				8,00	9,00	
Resistência das interfaces solo-geossintético											X				8,00	9,00	
Compatibilidade química com os líquidos lixiviados (chorume)											X	X			9,00	9,00	
Durabilidade									X	X	X				9,00	9,00	
<i>Material</i>																	
PEAD								X	X	X	X				9,00	10,00	
PVC															2,50	5,00	
Manta asfáltica															0,00	0,00	
<i>Espessuras mínimas (assinale com "x" nos quadros)</i>																	
Aterros de Médio Porte																	
PVC									0,5 mm		1,0 mm	X	1,5 mm		2,0 mm		
PEAD									0,5 mm		1,0 mm	X	1,5 mm		2,0 mm		
Manta asfáltica									2,0 mm		4,0 mm		5,0 mm		> 5,0 mm		
Aterros de Grande Porte																	
PEAD									0,5 mm		1,0 mm		1,5 mm	X	2,0 mm		
PVC									0,5 mm		1,0 mm		1,5 mm	X	2,0 mm		
Manta asfáltica									2,0 mm		4,0 mm		5,0 mm	X	> 5,0 mm		
216 MATERIAIS MISTO								MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
Compatibilidade química com os líquidos lixiviados (chorume)										X	X			10,00	8,50		
Resistência das interfaces solo-geossintético										X	X			8,00	9,00		
217 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO																	
Lei de Darcy								X	X	X	X			8,00	8,00		
Equação do transporte advectivo-difusivo de contaminantes												X	X	0,00	5,00		
Equação do transporte advectivo-difusivo-reativo de contaminantes												X	X	5,50	8,00		
Método empírico												X	X	1,00	4,00		
Baseado somente na experiência														1,00	3,00		
218 CONSIDERAR																	
Sistema de detecção de vazamento									X		X			7,50	9,00		
219 EXECUÇÃO																	
Acompanhamento topográfico									X	X	X			8,50	10,00		
Controle de qualidade em laboratório									X	X	X			7,50	9,50		
Controle de qualidade com serviços em campo									X	X	X			9,00	10,00		
Proteção mecânica contra intempéries										X	X			9,00	9,50		
22 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL								MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
221 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO																	
Racional								X	X	X	X			9,50	9,00		
Empírico											X			6,00	7,00		
Baseado somente na experiência														3,00	5,00		
222 ESTRUTURAS QUE PODERÃO CONSTAR DO PROJETO																	
Canais de drenagem								X	X	X	X			10,00	10,00		
Canaletas de pés-de-taludes								X	X	X	X			10,00	10,00		
Canaletas nas cristas dos taludes								X	X	X	X			8,00	9,00		
Escadas de dissipação de águas pluviais									X	X	X			9,00	9,00		
Outro tipo: Qual?																	
23 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNO DE LÍQUIDOS								MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
231 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS																	
Custo								X	X	X	X			9,00	9,00		
Eficiência									X	X	X			9,00	10,00		
Durabilidade									X	X	X			9,00	9,00		
Possibilidade de aproveitamento de algum tipo de resíduo											X			8,00	8,00		
232 PARÂMETROS NECESSÁRIOS																	
Composição gravimétrica											X			4,50	6,00		
Permeabilidade dos resíduos											X			7,00	7,50		
Permeabilidade dos materiais drenantes utilizados									X	X	X			9,00	9,00		
Propriedades de filtração entre os materiais e os resíduos											X	X		6,50	8,00		
233 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS																	
Literatura									X	X	X			7,00	7,50		
Experiência								X	X	X				8,00	8,00		
Ensaio de laboratório									X		X			9,00	8,00		
Ensaio de campo									X	X	X			9,50	8,00		
234 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO																	
Balanço hídrico climatológico									X	X	X			9,00	9,00		
Método Suíço								X						8,50	5,00		
Modelo computacional (HELP etc.)									X		X			8,00	9,00		
Baseado somente na experiência														6,00	3,50		
235 MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS :																	
Pedra-de-mão ou rachão								X	X	X	X			8,00	9,00		
Resíduos de construção civil reciclados														7,00	7,00		
Pneus														3,00	3,00		
Tubos plásticos									X					6,00	6,50		
Outro material. Qual?																	

Tabela 8.2 - Questionário Fase 1 respondido (continuação)

2512	MATERIAIS NATURAIS (SOLOS COMPACTADOS)	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Propriedades a serem avaliadas e/ou ensaios</i>								
	Massa específica dos grãos			X	X			7,00	6,50
	Granulometria		X	X	X			8,00	9,00
	Limites consistência			X	X			8,00	8,00
	Parâmetros de compactação		X	X	X			9,50	10,00
	Resistência							7,00	7,00
	CBR							3,00	5,00
	Compressão não confinada							0,00	5,00
	Cisalhamento direto							2,00	5,00
	Compressão triaxial							2,00	5,00
	Compressibilidade/deformabilidade (compressão confinada)							2,00	5,00
	Condutividade hidráulica							8,00	9,50
	Permeâmetro de parede rígida							8,00	8,00
	Permeâmetro de parede flexível (com avaliação da influência da tensão confinante)							2,00	5,00
	Condutividade hidráulica não saturada							2,00	6,00
	Curva característica de retenção							1,00	6,00
	Permeabilidade ao gás				X			5,00	6,00
	Mineralogia							4,00	5,00
	Capacidade de oxidação do biogás				X			3,00	5,50
2513	MATERIAIS SINTÉTICOS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Propriedades a serem avaliadas</i>								
	Condutividade hidráulica				X			2,50	6,50
	Permeabilidade ao gás				X			1,00	5,00
	Resistência mecânica				X			6,50	8,00
	Durabilidade				X			8,00	8,50
	<i>Material</i>								
	PEAD		X		X			8,00	8,00
	PVC						X	5,00	5,50
	Manta asfáltica						X	0,00	0,00
2514	MISTO								
	<i>Propriedades a serem avaliadas</i>								
	Resistência das interfaces solo/geossintético				X			8,00	8,50
2515	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO								
	Baseado na exigência das normas		X	X	X			8,00	9,00
	Baseado somente na experiência							4,50	4,00
	Modelo computacional considerando a interação com a atmosfera				X			5,00	8,00
2516	CONFIGURAÇÃO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Região de Clima Úmido</i>								
	Camada impermeável monolítica de solo compactado	X	X	X				8,00	8,00
	Camada evapotranspirativa				X			5,00	7,00
	Barreira capilar							5,00	7,00
	Solo compactado + geossintético impermeabilizante			X	X			8,00	9,00
	<i>Região de Clima Seco</i>								
	Camada impermeável monolítica de solo compactado	X	X	X				8,00	8,00
	Camada evapotranspirativa				X			7,00	7,50
	Barreira capilar				X			4,00	7,00
	Solo compactado + geossintético impermeabilizante				X			4,00	8,00
2517	CAMADAS COMPLEMENTARES (acima da última camada dos resíduos depositados)								
	Proteção acima dos resíduos		X					9,00	8,00
	Drenagem de gases (acima da camada de proteção. Ex. colchão drenante superior)				X			4,00	8,00
	Drenagem de líquidos (abaixo da camada de solo fértil)				X			4,00	7,50
	Camada fértil para estabelecimento de vegetação				X			10,00	9,00
2518	EXECUÇÃO								
	Acompanhamento topográfico		X	X	X			7,00	9,00
	Controle de qualidade em laboratório			X	X			7,00	8,00
	Controle de qualidade com serviços em campo		X	X	X			8,00	9,00
	Proteção mecânica contra intempéries			X	X			8,00	8,00
2519	OUTROS ASPECTOS								
	Avaliar resistência das interfaces entre os diferentes materiais utilizados				X			9,00	9,00
	Prever dispositivos para reaproveitamento energético				X			6,00	9,00
252	INTERMEDIÁRIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
2521	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS								
	Custo	X	X	X	X			9,00	9,00
	Tempo de execução			X	X			6,00	8,00
	Qualidade			X	X			8,00	9,00
	Disponibilidade de materiais		X	X	X			8,50	9,00
	Possibilidade de aproveitamento de algum de resíduo			X	X			6,50	7,00
2522	MATERIAIS PARA RECOBRIMENTO								
	Solos	X	X	X	X			9,50	8,50
	Resíduos da construção civil	X	X	X	X			8,00	7,50
	Lona			X	X			7,00	7,00
	Nenhuma								

Tabela 8.2 - Questionário Fase 1 respondido (continuação)

33 ÁGUAS SUPERFICIAIS											MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
331	PARÂMETROS																	
	Vazão																7,00	8,00
	pH										X	X	X	X			8,00	8,00
	Alcalinidade										X	X	X	X			8,00	8,00
	Temperatura										X	X	X	X			6,50	7,00
	Turbidez										X	X	X	X			8,00	8,00
	DBO/DQO										X	X	X	X			9,00	8,50
	Metais										X	X	X	X			6,00	8,00
	Sais										X	X	X	X			6,00	6,50
	Outros. Quais?																	
332	MÉTODO																	
	Visualmente																1,50	5,00
	Coleta de amostras e análises de laboratório										X	X	X	X			10,00	10,00
	Outra forma																	
333	LOCAL DE MONITORAMENTO																	
	Cursos d'água naturais a montante da área do aterro										X	X	X	X			10,00	10,00
	Cursos d'água naturais a jusante da área do aterro										X	X	X	X			10,00	10,00
	Nos dispositivos de drenagem										X	X	X	X			7,00	7,00
	Outra forma																	
334	QUANDO																	
	Fase de implantação										X	X	X	X			9,00	9,50
	Fase de operação										X	X	X	X			10,00	10,00
	Pós-fechamento										X	X	X	X			9,00	9,50
335	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)																	
	Fase de implantação																	
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral								
	Fase de operação																	
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral								
	Fase de operação																	
		Diária		Semanal		Quinzenal		Mensal	X	Semestral								
34	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS										MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
341	PARÂMETROS																	
	pH										X	X	X	X			8,00	8,00
	Alcalinidade										X	X	X	X			7,00	8,00
	Temperatura										X	X	X	X			6,00	7,00
	Turbidez										X	X	X	X			7,00	8,00
	DBO/DQO										X	X	X	X			8,00	8,50
	Metais										X	X	X	X			8,00	8,50
	Sais										X	X	X	X			6,00	8,00
	Outros. Quais?																10,00	9,00
332	MÉTODO																	
	Visualmente																0,00	1,00
	Instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras e análises de laboratório										X	X	X	X			10,00	10,00
	Utilização de métodos geofísicos												X				5,50	6,50
	Outra forma. Qual?																0,00	2,50
333	LOCAL DE MONITORAMENTO																	
	Distribuição no entorno da área de forma aleatória																0,00	2,00
	Distribuição em função do estudo hidrogeológicos										X	X	X				10,00	9,50
	Outra forma. Qual?																8,00	6,50
334	QUANTIDADE																	
	Conforme a norma (1 montante e 3 jusante)										X	X					8,00	8,00
	Função do tamanho da área												X	X			7,00	8,00
	Função das condições hidrogeológicas da área												X	X			9,00	9,00
335	QUANDO																	
	Fase de implantação										X	X	X	X			9,50	10,00
	Fase de operação										X	X	X	X			9,00	10,00
	Pós-fechamento										X	X	X	X			10,00	10,00
336	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)																	
	Fase de implantação																	
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral								
	Fase de operação																	
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral								
	Pós-fechamento																	
		Diária		Semanal		Quinzenal		Mensal	X	Semestral								
34	QUALIDADE DO AR										MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
341	PARÂMETROS																	
	Umidade relativa do ar												X	X			5,50	6,50
	Pluviosidade										X	X	X	X			10,00	10,00
	Partículas totais em suspensão												X				8,00	9,00
	Partículas inaláveis												X				9,00	9,00
	Direção do vento										X	X	X	X			8,00	9,00
	Atividades industriais próximas												X				5,00	5,00

Tabela 8.2 - Questionário Fase 1 respondido (continuação)

4	ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS								
41	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES								
411	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Projeto geométrico do aterro		X	X	X			10,00	10,00
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)		X	X	X			6,50	9,00
	Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro			X	X			5,00	8,00
	Topografia da área a jusante do aterro		X	X	X			6,50	8,00
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro		X	X	X			10,00	10,00
	Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação			X	X			5,00	8,00
	Histórico do preenchimento do Aterro			X	X			6,00	8,00
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes	X	X	X	X			6,00	8,00
	Avaliação das análises de estabilidade existentes		X	X	X			9,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques		X	X	X			8,50	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos		X	X	X			9,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases		X	X	X			8,50	8,00
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados		X	X	X			7,00	8,50
	Avaliação dos registros de vazões de biogás		X	X	X			6,00	8,00
	Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento			X	X			6,00	8,00
	Outros aspectos								
412	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS								
	Hipoteticamente		X		X			6,00	6,00
	Utilizando casos da literatura	X	X	X	X			8,00	8,00
	Utilizando a experiência		X	X	X			7,50	8,00
	Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais				X			8,00	8,50
	CONSIDERAR								
	Deslocamentos verticais e horizontais		X	X	X			10,00	10,00
	Alcance da massa de resíduo deslocada			X	X			10,00	9,50
	Distância da população		X	X	X			10,00	10,00
	Identificação dos pontos vulneráveis			X	X			10,00	10,00
	Perigos		X	X	X			10,00	10,00
	Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados			X	X			10,00	9,00
	Movimentação do Maciço			X	X			9,00	10,00
	Movimentação do solo de fundação			X	X			7,50	9,00
	Movimentação só de taludes			X	X			10,00	9,00
	Possíveis impactos ao patrimônio			X	X			8,00	8,00
	Explosão por sabotagem				X			3,00	6,00
413	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	APÓS INCIDENTE								
	Correções nas deformações causadas por recalques	X	X	X	X			8,00	9,00
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás	X	X	X	X			9,00	9,00
	Identificação de trincas	X	X	X	X			8,50	9,00
	Eliminação de trincas	X	X	X	X			9,00	9,00
	Recomposição de pequenos deslizamentos	X	X	X	X			8,50	9,00
	Eliminação de princípios de incêndios	X	X	X	X			9,00	9,00
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis	X	X	X	X			9,50	10,00
	Redução/rebaixamento da "coluna líquida"		X	X	X			8,00	9,00
	Considerar relatos de incidentes anteriores		X	X	X			8,00	8,00
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais		X	X	X			10,00	9,00
	Disponer de equipamentos para combate às emergências		X	X	X			8,00	9,00
	Treino de toda a equipe para atender às emergências		X	X	X			10,00	10,00
	Nomear um coordenador para ações emergenciais			X	X			10,00	10,00
	Mantém informados todos os agentes envolvidos (comunidade, órgãos públicos e etc)			X	X			9,50	9,00
	Elaborar um plano de inspeção rotineira		X	X	X			10,00	10,00
	Realização de exercícios simulados			X	X			7,00	8,00
	Elaboração de fluxograma de tomada de decisões			X	X			10,00	9,00
	APÓS ACIDENTE	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Plano de comunicação</i>								
	Mantém sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros		X	X	X			10,00	10,00
	Mantém sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente		X	X	X			10,00	9,00
	Mantém sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos		X	X	X			10,00	10,00
	Emitir boletins informativos à imprensa				X			7,00	7,00
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais		X	X	X			10,00	9,00
	Mantém manual e plano de emergência em local de fácil acesso		X	X	X			10,00	10,00
414	PLANO DE EMERGÊNCIA								
	Acionamento plano emergencial		X	X	X			10,00	10,00
	Verificação da existência de vítimas		X	X	X			10,00	10,00
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)		X	X	X			10,00	10,00
	Providenciar recursos materiais e humanos		X	X	X			9,00	10,00
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação			X	X			8,00	9,00
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização		X	X	X			7,50	9,00
	Reconfiguração dos taludes		X	X	X			8,00	8,00
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gás		X	X	X			8,00	9,00
	Recomposição do sistema de cobertura		X	X	X			8,00	8,00
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal		X	X	X			7,50	8,00
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais		X	X	X			8,00	9,00
	Revisar plano de emergência			X	X			10,00	9,00
	SUGESTÕES:								

8.7 APÊNDICE G - Questionário Fase 1 respondido - Valores

Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS								
		ESCOLA DE ENGENHARIA								
		Programa de Pós-Graduação em Sanamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos								
<p>No questionário a seguir estão listados vários parâmetros relacionados às fases de estudo, projeto, operação, encerramento e monitoramento de aterros sanitários. Você deverá responder todo questionário ou o que melhor puder opinar para o sucesso da pesquisa. Deverão ser marcadas com "x" uma das opções que achar conveniente, somente nos campos com fundo branco. A coluna HOJE se refere a como você vê a prática atual. A coluna IDEAL se refere a como você vê a condição desejável, considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais etc. A coluna INDECISO/NÃO SABE deve ser utilizada se você está indeciso ou não tem conhecimento sobre o parâmetro. A coluna PESO/NOTA deve ser preenchida com a importância que você atribui ao parâmetro. Utilize uma escala de 0 (sem importância) a 10 (imprescindível). Assim que responder, favor encaminhar via e-mail, como anexo para hpascele@terra.com.br. Caso tenha dúvidas poderá entrar em contato com o pesquisador: tel: 31 3372-1314 / cel: 31 9981-3330. OBS: As siglas MP e GP se referem, respectivamente, a aterros de Médio Porte (até 20m altura) e Grande Porte (acima de 20m de altura). Se necessário faça seus comentários, sugestões de inclusão ou exclusão de parâmetros, no final do questionário, indicando o código do item. Desde já agradecemos a sua colaboração.</p>										
CÓDIGO	PARÂMETROS	MARCAR COM X QUANTO A RELEVÂNCIA E DAR PESO/NOTA: 0 a 10								
		HOJE		IDEAL		INDECISO/NS		PESO		
		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	
1	ESTUDOS									
11	RELEVO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	
	Topografia	0,73	1,00	0,86	0,88	0,00	0,00	9,00	10,00	
	Geomorfologia	0,27	0,78	0,64	0,82	0,07	0,06	8,00	8,00	
12	HIDROLOGIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	
	Precipitação	0,73	0,94	0,71	0,76	0,00	0,00	10,00	10,00	
	Temperatura	0,25	0,44	0,50	0,88	0,07	0,00	6,00	7,00	
	Evaporação	0,19	0,50	0,71	0,88	0,07	0,06	8,00	8,00	
	Umidade relativa	0,13	0,39	0,43	0,71	0,13	0,12	6,00	7,00	
	Radiação solar	0,06	0,28	0,29	0,71	0,13	0,12	5,50	6,00	
	Direção e velocidade do vento	0,38	0,61	0,71	0,88	0,07	0,00	6,00	8,00	
	Hidrografia	0,56	0,72	0,79	0,88	0,07	0,00	9,00	9,50	
13	GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	
131	CARACTERÍSTICAS									
	Perfil do subsolo	0,75	0,94	0,79	0,82	0,00	0,00	9,00	10,00	
	Profundidade do lençol	0,94	0,89	0,79	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00	
	Caracterização dos fluxos subterrâneos	0,19	0,50	0,71	0,76	0,07	0,06	7,50	10,00	
	Identificação de zonas de recarga	0,13	0,50	0,71	0,76	0,00	0,06	8,00	8,50	
	Caracterização físico-química e biológica das águas subterrâneas	0,44	0,83	0,86	0,76	0,00	0,00	10,00	10,00	
132	MÉTODO									
	Sondagem simples tipo SPT	0,81	0,89	0,79	0,82	0,00	0,06	10,00	10,00	
	Métodos geofísicos	0,06	0,44	0,43	0,76	0,07	0,06	7,50	8,00	
	Instalação de poços de monitoramento	0,56	0,83	0,79	0,82	0,00	0,00	10,00	10,00	
	Simulação numérica do fluxo subterrâneo	0,13	0,17	0,36	0,76	0,07	0,24	6,00	6,00	
14	GEOTECNIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	
141	PROPRIEDADES DOS SOLOS DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO									
	Caracterização geotécnica convencional (massa esp., granulometria, limites etc)	0,75	0,78	0,86	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00	
	Resistência	0,19	0,39	0,64	0,82	0,13	0,12	7,00	8,00	
	Compressibilidade / deformabilidade	0,13	0,39	0,50	0,88	0,07	0,00	7,50	8,00	
	Condutividade hidráulica	0,63	0,67	0,86	0,76	0,00	0,12	10,00	10,00	
	Mineralogia	0,06	0,17	0,36	0,71	0,20	0,18	6,50	6,50	
	Capacidade de retenção de contaminantes	0,06	0,17	0,57	0,88	0,07	0,12	9,00	8,50	
	Expansibilidade	0,00	0,11	0,43	0,71	0,13	0,24	7,00	8,00	
	Colapsividade	0,00	0,22	0,21	0,71	0,13	0,18	7,50	7,00	
	Avaliação de propriedades na condição não saturada	0,06	0,22	0,43	0,76	0,20	0,24	6,00	8,00	

Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores (continuação)

							MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
215	MATERIAIS SINTÉTICOS															
	<i>Propriedades a serem avaliadas</i>															
	Condutividade hidráulica						0,38	0,78	0,86	0,82	0,00	0,00	10,00	9,00		
	Resistência mecânica						0,31	0,72	0,79	0,82	0,00	0,00	8,00	9,00		
	Resistência das interfaces solo-geossintético						0,13	0,50	0,50	0,76	0,07	0,06	8,00	9,00		
	Compatibilidade química com os líquidos lixiviados (chorume)						0,19	0,44	0,79	0,76	0,00	0,00	9,00	9,00		
	Durabilidade						0,38	0,61	0,71	0,76	0,07	0,06	9,00	9,00		
	<i>Material</i>															
	PEAD						0,75	0,89	0,57	0,65	0,13	0,12	9,00	10,00		
	PVC						0,31	0,33	0,07	0,18	0,47	0,59	2,50	5,00		
	Manta asfáltica						0,06	0,00	0,00	0,00	0,40	0,53	0,00	0,00		
	<i>Espessuras mínimas (assinale com "x" nos quadros)</i>															
	Aterros de Médio Porte															
		PVC	0,5 mm	1,0 mm	X	1,5 mm	2,0 mm									
		PEAD	0,5 mm	1,0 mm	X	1,5 mm	2,0 mm									
		Manta asfáltica	2,0 mm	4,0 mm		5,0 mm	> 5,0 mm									
	Aterros de Grande Porte															
		PEAD	0,5 mm	1,0 mm		1,5 mm	X	2,0 mm								
		PVC	0,5 mm	1,0 mm		1,5 mm	X	2,0 mm								
		Manta asfáltica	2,0 mm	4,0 mm		5,0 mm	X	> 5,0 mm								
216	MATERIAIS MISTO						MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
	Compatibilidade química com os líquidos lixiviados (chorume)						0,19	0,33	0,73	0,71	0,00	0,06	10,00	8,50		
	Resistência das interfaces solo-geossintético						0,06	0,39	0,53	0,65	0,07	0,12	8,00	9,00		
217	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO															
	Lei de Darcy						0,69	0,72	0,67	0,53	0,07	0,18	8,00	8,00		
	Equação do transporte advectivo-difusivo de contaminantes						0,00	0,17	0,13	0,18	0,53	0,76	0,00	5,00		
	Equação do transporte advectivo-difusivo-reactivo de contaminantes						0,06	0,11	0,27	0,35	0,47	0,71	5,50	8,00		
	Método empírico						0,25	0,17	0,13	0,18	0,33	0,53	1,00	4,00		
	Baseado somente na experiência						0,50	0,28	0,13	0,18	0,27	0,35	1,00	3,00		
218	CONSIDERAR															
	Sistema de detecção de vazamento						0,25	0,61	0,47	0,82	0,00	0,00	7,50	9,00		
219	EXECUÇÃO															
	Acompanhamento topográfico						0,50	0,89	0,73	0,76	0,07	0,06	8,50	10,00		
	Controle de qualidade em laboratório						0,25	0,67	0,67	0,76	0,07	0,06	7,50	9,50		
	Controle de qualidade com serviços em campo						0,31	0,83	0,67	0,65	0,07	0,06	9,00	10,00		
	Proteção mecânica contra intempéries						0,19	0,44	0,67	0,71	0,20	0,24	9,00	9,50		
22	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL						MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
221	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO															
	Racional						0,63	0,78	0,60	0,71	0,13	0,12	9,50	9,00		
	Empírico						0,13	0,39	0,47	0,53	0,20	0,24	6,00	7,00		
	Baseado somente na experiência						0,38	0,33	0,07	0,18	0,20	0,18	3,00	5,00		
222	ESTRUTURAS QUE PODERÃO CONSTAR DO PROJETO															
	Canais de drenagem						0,69	0,78	0,53	0,71	0,13	0,12	10,00	10,00		
	Canaletas de pés-de-taludes						0,75	0,89	0,73	0,82	0,00	0,00	10,00	10,00		
	Canaletas nas cristas dos taludes						0,56	0,78	0,67	0,76	0,00	0,00	8,00	9,00		
	Escadas de dissipação de águas pluviais						0,38	0,78	0,73	0,82	0,00	0,00	9,00	9,00		
	Outro tipo: Qual?						0,19	0,22	0,27	0,29	0,07	0,12	8,00	8,00		
23	SISTEMA DE DRENAGEM INTERNO DE LÍQUIDOS						MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
231	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS															
	Custo						0,75	0,83	0,80	0,71	0,00	0,06	9,00	9,00		
	Eficiência						0,25	0,67	0,67	0,71	0,07	0,06	9,00	10,00		
	Durabilidade						0,25	0,72	0,67	0,71	0,13	0,12	9,00	9,00		
	Possibilidade de aproveitamento de algum tipo de resíduo						0,31	0,22	0,67	0,47	0,27	0,29	8,00	8,00		
232	PARÂMETROS NECESSÁRIOS															
	Composição gravimétrica						0,19	0,33	0,47	0,76	0,07	0,06	4,50	6,00		
	Permeabilidade dos resíduos						0,19	0,27	0,40	0,76	0,13	0,18	7,00	7,50		
	Permeabilidade dos materiais drenantes utilizados						0,38	0,27	0,80	0,82	0,00	0,06	9,00	9,00		
	Propriedades de filtração entre os materiais e os resíduos						0,13	0,33	0,67	0,88	0,07	0,06	6,50	8,00		
233	OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS															
	Literatura						0,50	0,67	0,67	0,59	0,13	0,12	7,00	7,50		
	Experiência						0,56	0,67	0,53	0,47	0,13	0,18	8,00	8,00		
	Ensaio de laboratório						0,13	0,56	0,47	0,82	0,07	0,00	9,00	8,00		
	Ensaio de campo						0,31	0,56	0,53	0,76	0,20	0,12	9,50	8,00		
234	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO															
	Balanço hídrico climatológico						0,31	0,67	0,53	0,71	0,20	0,24	9,00	9,00		
	Método Suiço						0,63	0,44	0,40	0,18	0,33	0,35	8,50	5,00		
	Modelo computacional (HELP etc.)						0,13	0,61	0,40	0,65	0,27	0,18	8,00	9,00		
	Baseado somente na experiência						0,44	0,33	0,00	0,06	0,27	0,29	6,00	3,50		
235	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS :															
	Pedra-de-mão ou rachão						0,94	1,00	0,67	0,76	0,00	0,00	8,00	9,00		
	Resíduos de construção civil reciclados						0,44	0,28	0,40	0,41	0,13	0,18	7,00	7,00		
	Pneus						0,50	0,39	0,13	0,18	0,27	0,35	3,00	3,00		
	Tubos plásticos						0,38	0,61	0,27	0,35	0,13	0,18	6,00	6,50		
	Outro material. Qual?						0,13	0,17	0,20	0,06	0,13	0,18	9,00	8,00		

Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores (continuação)

236	TIPOS DE DRENOS:																		
	Tapete drenante																		
	Espinha de peixe																		
	Anelar																		
	Outro tipo. Qual?																		
237	POSICIONAMENTO DAS LINHAS DE DRENAGENS																		
	Base																		
	Intermediárias após cada camada de resíduos																		
	Base, meio e topo (última camada)																		
	Pés-de-taludes																		
	Verticais interligados aos horizontais																		
238	OUTROS ASPECTOS																		
	Utilização dos drenos verticais como medidores de nível de líquidos																		
	Utilização de geotêxteis para proteção/filtração dos materiais drenantes																		
	Realização de ensaios de filtração nos geotêxteis																		
	Utilização de capim para proteção/filtração dos materiais drenantes																		
	Interligação ao sistema de drenagem de gases																		
24	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES																		
241	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS																		
	Custo																		
	Eficiência																		
	Durabilidade																		
	Possibilidade de aproveitamento de algum tipo de resíduo																		
242	PARÂMETROS NECESSÁRIOS																		
	Composição gravimétrica dos resíduos																		
	Biodegradabilidade dos resíduos																		
	Permeabilidade dos resíduos ao gás																		
	Permeabilidade dos materiais drenantes utilizados ao gás																		
243	OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS																		
	Literatura																		
	Experiência																		
	Ensaio de laboratório																		
	Ensaio de campo																		
244	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO																		
	Método Racional																		
	Método Empírico																		
	Modelo computacional																		
	Baseado somente na experiência																		
245	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS																		
	Pedra-de-mão ou rachão																		
	Resíduos de construção civil reciclados																		
	Pneus																		
	Outro material. Qual?																		
246	CONFIGURAÇÃO																		
	Interligado aos drenos de líquidos																		
	Independente dos drenos de líquidos																		
247	DRENAGEM VERTICAL (FORMATO)																		
	Drenagem considerando só o material drenante																		
	Drenagem considerando material drenante + tela																		
	Drenagem considerando material drenante + tubo de concreto perfurado																		
	Instalação de tudo (plástico) interno perfurado																		
248	EXECUÇÃO																		
	Após a conclusão das camadas de resíduos																		
	Antes da execução das camadas de resíduos																		
	Concomitante ao aterramento																		
249	OUTROS ASPECTOS																		
	Prever dispositivos para reaproveitamento energético																		
25	CAMADA DE COBERTURA																		
251	FINAL																		
2511	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DO TIPO DE CAMADA DE COBERTURA																		
	Custo																		
	Tempo de execução																		
	Qualidade																		
	Disponibilidade de materiais																		
	Possibilidade de aproveitamento de algum tipo de resíduo																		
	Compatibilidade dos materiais																		

Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores (continuação)

2512	MATERIAIS NATURAIS (SOLOS COMPACTADOS)	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Propriedades a serem avaliadas e/ou ensaios</i>								
	Massa específica dos grãos	0,31	0,39	0,60	0,59	0,07	0,24	7,00	6,50
	Granulometria	0,50	0,61	0,80	0,82	0,07	0,06	8,00	9,00
	Limites consistência	0,38	0,44	0,60	0,65	0,07	0,06	8,00	8,00
	Parâmetros de compactação	0,44	0,56	0,73	0,76	0,07	0,06	9,50	10,00
	Resistência	0,13	0,17	0,27	0,24	0,00	0,12	7,00	7,00
	CBR	0,13	0,22	0,33	0,41	0,13	0,29	3,00	5,00
	Compressão não confinada	0,06	0,17	0,13	0,29	0,27	0,41	0,00	5,00
	Cisalhamento direto	0,06	0,22	0,33	0,47	0,13	0,29	2,00	5,00
	Compressão triaxial	0,06	0,17	0,33	0,41	0,20	0,29	2,00	5,00
	Compressibilidade/deformabilidade (compressão confinada)	0,00	0,28	0,27	0,35	0,13	0,24	2,00	5,00
	Conductividade hidráulica	0,19	0,39	0,33	0,41	0,00	0,06	8,00	9,50
	Permeâmetro de parede rígida	0,06	0,17	0,27	0,35	0,27	0,47	8,00	8,00
	Permeâmetro de parede flexível (com avaliação da influência da tensão confinante)	0,06	0,06	0,13	0,18	0,33	0,47	2,00	5,00
	Conductividade hidráulica não saturada	0,13	0,28	0,20	0,41	0,33	0,35	2,00	6,00
	Curva característica de retenção	0,06	0,17	0,00	0,35	0,33	0,41	1,00	6,00
	Permeabilidade ao gás	0,06	0,17	0,40	0,65	0,20	0,18	5,00	6,00
	Mineralogia	0,06	0,06	0,27	0,47	0,13	0,29	4,00	5,00
	Capacidade de oxidação do biogás	0,06	0,11	0,20	0,65	0,20	0,29	3,00	5,50
2513	MATERIAIS SINTÉTICOS	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Propriedades a serem avaliadas</i>								
	Conductividade hidráulica	0,13	0,22	0,40	0,59	0,13	0,24	2,50	6,50
	Permeabilidade ao gás	0,00	0,11	0,13	0,53	0,13	0,24	1,00	5,00
	Resistência mecânica	0,06	0,44	0,40	0,76	0,20	0,24	6,50	8,00
	Durabilidade	0,00	0,22	0,40	0,76	0,13	0,24	8,00	8,50
	<i>Material</i>								
	PEAD	0,38	0,56	0,40	0,59	0,13	0,24	8,00	8,00
	PVC	0,25	0,33	0,20	0,24	0,27	0,53	5,00	5,50
	Manta asfáltica	0,06	0,06	0,07	0,00	0,40	0,59	0,00	0,00
2514	MISTO								
	<i>Propriedades a serem avaliadas</i>								
	Resistência das interfaces solo/geossintético	0,00	0,22	0,13	0,76	0,27	0,18	8,00	8,50
2515	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO								
	Baseado na exigência das normas	0,44	0,72	0,73	0,71	0,00	0,06	8,00	9,00
	Baseado somente na experiência	0,44	0,50	0,20	0,18	0,13	0,18	4,50	4,00
	Modelo computacional considerando a interação com a atmosfera	0,00	0,22	0,13	0,76	0,20	0,12	5,00	8,00
2516	CONFIGURAÇÃO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	<i>Região de Clima Úmido</i>								
	Camada impermeável monolítica de solo compactado	0,81	0,67	0,53	0,29	0,13	0,12	8,00	8,00
	Camada evapotranspirativa	0,06	0,22	0,20	0,53	0,20	0,24	5,00	7,00
	Barreira capilar	0,06	0,22	0,27	0,47	0,27	0,29	5,00	7,00
	Solo compactado + geossintético impermeabilizante	0,06	0,44	0,60	0,71	0,20	0,18	8,00	9,00
	<i>Região de Clima Seco</i>								
	Camada impermeável monolítica de solo compactado	0,69	0,72	0,67	0,41	0,20	0,18	8,00	8,00
	Camada evapotranspirativa	0,06	0,11	0,33	0,53	0,27	0,29	7,00	7,50
	Barreira capilar	0,06	0,11	0,40	0,59	0,20	0,12	4,00	7,00
	Solo compactado + geossintético impermeabilizante	0,06	0,17	0,40	0,59	0,27	0,12	4,00	8,00
2517	CAMADAS COMPLEMENTARES (acima da última camada dos resíduos depositados)								
	Proteção acima dos resíduos	0,38	0,56	0,40	0,47	0,20	0,24	9,00	8,00
	Drenagem de gases (acima da camada de proteção. Ex. colchão drenante superior)	0,00	0,28	0,33	0,76	0,20	0,18	4,00	8,00
	Drenagem de líquidos (abaixo da camada de solo fértil)	0,00	0,22	0,33	0,65	0,20	0,24	4,00	7,50
	Camada fértil para estabelecimento de vegetação	0,38	0,50	0,53	0,71	0,07	0,12	10,00	9,00
2518	EXECUÇÃO								
	Acompanhamento topográfico	0,44	0,89	0,67	0,76	0,00	0,00	7,00	9,00
	Controle de qualidade em laboratório	0,06	0,44	0,53	0,65	0,00	0,06	7,00	8,00
	Controle de qualidade com serviços em campo	0,19	0,67	0,73	0,76	0,07	0,00	8,00	9,00
	Proteção mecânica contra intempéries	0,00	0,22	0,60	0,76	0,07	0,12	8,00	8,00
2519	OUTROS ASPECTOS								
	Avaliar resistência das interfaces entre os diferentes materiais utilizados	0,00	0,28	0,20	0,53	0,20	0,18	9,00	9,00
	Prever dispositivos para reaproveitamento energético	0,00	0,28	0,07	0,71	0,27	0,18	6,00	9,00
252	INTERMEDIÁRIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
2521	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS MATERIAIS								
	Custo	0,75	0,72	0,80	0,82	0,00	0,06	9,00	9,00
	Tempo de execução	0,19	0,50	0,53	0,76	0,13	0,12	6,00	8,00
	Qualidade	0,13	0,33	0,53	0,82	0,13	0,12	8,00	9,00
	Disponibilidade de materiais	0,50	0,78	0,73	0,88	0,07	0,06	8,50	9,00
	Possibilidade de aproveitamento de algum de resíduo	0,31	0,44	0,53	0,76	0,07	0,12	6,50	7,00
2522	MATERIAIS PARA RECOBRIMENTO								
	Solos	0,81	1,00	0,80	0,71	0,00	0,00	9,50	8,50
	Resíduos da construção civil	0,75	0,72	0,60	0,59	0,13	0,12	8,00	7,50
	Lona	0,25	0,33	0,60	0,71	0,13	0,24	7,00	7,00
	Nenhuma	0,06	0,06	0,07	0,12	0,27	0,29	0,00	0,00

Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores (continuação)

33		ÁGUAS SUPERFICIAIS								MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
331	PARÂMETROS																
	Vazão									0,50	0,78	0,73	0,82	0,00	0,00	7,00	8,00
	pH									0,75	1,00	0,87	0,88	0,07	0,00	8,00	8,00
	Alcalinidade									0,50	0,89	0,67	0,88	0,00	0,00	8,00	8,00
	Temperatura									0,63	0,83	0,73	0,82	0,13	0,06	6,50	7,00
	Turbidez									0,50	0,78	0,80	0,82	0,07	0,00	8,00	8,00
	DBO/DQO									0,69	1,00	1,00	0,88	0,07	0,00	9,00	8,50
	Metais									0,44	0,83	0,80	0,88	0,00	0,00	6,00	8,00
	Sais									0,31	0,72	0,53	0,71	0,13	0,12	6,00	6,50
	Outros. Quais?									0,19	0,22	0,27	0,29	0,07	0,12	10,00	10,00
332	MÉTODO																
	Visualmente									0,31	0,22	0,13	0,18	0,13	0,18	1,50	5,00
	Coleta de amostras e análises de laboratório									0,56	0,83	1,00	0,88	0,07	0,00	10,00	10,00
	Outra forma									0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,24	0,00	2,50
333	LOCAL DE MONITORAMENTO																
	Cursos d'água naturais a montante da área do aterro									0,56	0,72	0,87	0,82	0,00	0,06	10,00	10,00
	Cursos d'água naturais a jusante da área do aterro									0,81	0,89	0,93	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00
	Nos dispositivos de drenagem									0,13	0,33	0,47	0,76	0,07	0,06	7,00	7,00
	Outra forma									0,00	0,06	0,00	0,00	0,20	0,18	0,00	5,00
334	QUANDO																
	Fase de implantação									0,50	0,72	0,80	0,88	0,07	0,06	9,00	9,50
	Fase de operação									0,69	0,83	0,93	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00
	Pós-fechamento									0,56	0,56	0,93	0,94	0,00	0,00	9,00	9,50
335	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)																
	Fase de implantação																
	Diária						X										
	Semanal																
	Quinzenal																
	Mensal																
	Semestral																
	Fase de operação																
	Diária						X										
	Semanal																
	Quinzenal																
	Mensal																
	Semestral																
	Fase de operação																
	Diária							X									
	Semanal																
	Quinzenal																
	Mensal																
	Semestral																
34	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS																
341	PARÂMETROS																
	pH									0,75	0,94	0,93	0,88	0,00	0,00	8,00	8,00
	Alcalinidade									0,63	0,83	0,80	0,88	0,00	0,00	7,00	8,00
	Temperatura									0,50	0,72	0,80	0,76	0,00	0,00	6,00	7,00
	Turbidez									0,56	0,83	0,80	0,88	0,00	0,00	7,00	8,00
	DBO/DQO									0,75	0,94	0,93	0,88	0,00	0,00	8,00	8,50
	Metais									0,50	0,83	0,87	0,88	0,00	0,82	8,00	8,50
	Sais									0,38	0,78	0,80	0,82	0,00	0,00	6,00	8,00
	Outros. Quais?									0,13	0,17	0,20	0,18	0,07	0,12	10,00	9,00
332	MÉTODO																
	Visualmente									0,06	0,17	0,00	0,12	0,20	0,24	0,00	1,00
	Instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras e análises de laboratório									0,75	0,94	0,93	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00
	Utilização de métodos geofísicos									0,13	0,22	0,20	0,65	0,20	0,24	5,50	6,50
	Outra forma. Qual?									0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,24	0,00	2,50
333	LOCAL DE MONITORAMENTO																
	Distribuição no entorno da área de forma aleatória									0,31	0,50	0,07	0,06	0,20	0,24	0,00	2,00
	Distribuição em função do estudo hidrogeológicos									0,25	0,72	0,93	0,88	0,00	0,00	10,00	9,50
	Outra forma. Qual?									0,06	0,00	0,00	0,00	0,20	0,24	8,00	6,50
334	QUANTIDADE																
	Conforme a norma (1 montante e 3 jusante)									0,75	0,72	0,40	0,35	0,13	0,12	8,00	8,00
	Função do tamanho da área									0,31	0,50	0,53	0,53	0,00	0,00	7,00	8,00
	Função das condições hidrogeológicas da área									0,19	0,50	0,73	0,82	0,00	0,06	9,00	9,00
335	QUANDO																
	Fase de implantação									0,38	0,61	0,73	0,76	0,00	0,06	9,50	10,00
	Fase de operação									0,56	0,78	0,73	0,71	0,00	0,00	9,00	10,00
	Pós-fechamento									0,19	0,39	0,60	0,65	0,00	0,00	10,00	10,00
336	FREQÜÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)																
	Fase de implantação																
	Diária						X										
	Semanal																
	Quinzenal																
	Mensal																
	Semestral																
	Fase de operação																
	Diária						X										
	Semanal																
	Quinzenal																
	Mensal																
	Semestral																
	Pós-fechamento																
	Diária							X									
	Semanal																
	Quinzenal																
	Mensal																
	Semestral																
34	QUALIDADE DO AR																
341	PARÂMETROS																
	Umidade relativa do ar									0,25	0,50	0,53	0,82	0,07	0,06	5,50	6,50
	Pluviosidade									0,56	0,78	0,93	0,88	0,07	0,06	10,00	10,00
	Partículas totais em suspensão									0,06	0,50	0,40	0,82	0,07	0,06	8,00	9,00
	Partículas inaláveis									0,06	0,44	0,20	0,65	0,13	0,12	9,00	9,00
	Direção do vento									0,19	0,72	0,87	0,88	0,00	0,00	8,00	9,00
	Atividades industriais próximas									0,13	0,33	0,47	0,71	0,13	0,12	5,00	5,00

Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores (continuação)

342	MÉTODO																		
	Visualmente																		
	Instalação de medidores de partículas inaláveis (PM-10)																		
	Instalação de medidores de partículas em suspensão (HI-VOL)																		
	Outro tipo de instrumento. Qual?																		
343	LOCAL DE MONITORAMENTO																		
	Distribuição no entorno da área de forma aleatória																		
	Distribuição em função do estudo de direções predominantes de vento																		
	Outra forma																		
344	QUANDO																		
	Fase de implantação																		
	Fase de operação																		
	Pós-fechamento																		
345	FREQUÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)																		
	Fase de implantação																		
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral									
	Fase de operação																		
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral									
	Pós-fechamento																		
		Diária		Semanal		Quinzenal		Mensal	X	Semestral									
346	MEDIDAS DE CONTROLE																		
	Umidificação dos resíduos na descarga dos caminhões																		
	Umidificação de vias																		
	Outras medidas. Quais?																		
35	PARÂMETROS OPERACIONAIS																		
351	PARÂMETROS																		
	Tipos de resíduos aterrados																		
	Peso dos resíduos																		
	Altura das camadas de resíduos																		
	Inclinação da rampa de aterragem																		
	Número de passadas do equipamento compactador																		
	Acompanhamento topográfico																		
	Densidade dos resíduos aterrados																		
	Espessura da cobertura intermediária																		
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)																		
	Outros. Quais?																		
36	LÍQUIDOS LIXIVIADOS																		
361	PARÂMETROS																		
	Vazão																		
	Parâmetros físico-químicos e biológicos																		
	Outros. Quais?																		
362	LOCAL DE MONITORAMENTO																		
	Antes do Sistema de Tratamento																		
	Após o Sistema de Tratamento																		
363	QUANDO																		
	Fase de operação																		
	Pós-fechamento																		
364	FREQUÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)																		
	Fase de operação																		
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral									
	Pós-fechamento																		
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral									
37	PRESSÃO SONORA																		
371	LOCAL DE MONITORAMENTO																		
	Dentro da área do aterro																		
	No entorno da área do aterro																		
372	QUANDO																		
	Fase de implantação																		
	Fase de operação																		
	Pós-fechamento																		
373	FREQUÊNCIA (Assinale com "x" nos quadros)																		
	Fase de implantação																		
		Diária		Semanal			X	Mensal		Semestral									
	Fase de operação																		
		Diária		Semanal		Quinzenal	X	Mensal		Semestral									
	Pós-fechamento																		
		Diária		Semanal		Quinzenal		Mensal	X	Semestral									

Tabela 8.3 - Questionário Fase 1 respondido - valores (continuação)

4 ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS										
41 AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES										
411 ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO										
	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
Projeto geométrico do aterro	0,36	0,62	0,77	0,94	0,00	0,00	10,00	10,00		
Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)	0,27	0,69	0,62	0,88	0,09	0,00	6,50	9,00		
Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro	0,18	0,38	0,54	0,94	0,09	0,00	5,00	8,00		
Topografia da área a jusante do aterro	0,18	0,54	0,69	0,94	0,00	0,00	6,50	8,00		
Uso e ocupação do solo a jusante do aterro	0,27	0,62	0,85	0,94	0,00	0,00	10,00	10,00		
Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação	0,27	0,38	0,54	0,88	0,09	0,00	5,00	8,00		
Histórico do preenchimento do Aterro	0,36	0,54	0,69	0,88	0,09	0,00	6,00	8,00		
Considerar estudos de outros aterros semelhantes	0,64	0,77	0,85	0,88	0,00	0,00	6,00	8,00		
Avaliação das análises de estabilidade existentes	0,27	0,77	0,62	0,88	0,09	0,00	9,00	9,00		
Avaliação dos registros de monitoramento de recalques	0,27	0,77	0,69	0,88	0,09	0,00	8,50	9,00		
Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos	0,18	0,62	0,62	0,88	0,09	0,00	9,00	9,00		
Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases	0,18	0,69	0,46	0,88	0,09	0,00	8,50	8,00		
Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados	0,18	0,69	0,62	0,81	0,09	0,00	7,00	8,50		
Avaliação dos registros de vazões de biogás	0,18	0,54	0,38	0,81	0,09	0,00	6,00	8,00		
Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento	0,27	0,46	0,54	0,88	0,09	0,00	6,00	8,00		
Outros aspectos	0,00	0,00	0,08	0,06	0,27	0,23	0,00	0,00		
412 DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS										
Hipoteticamente	0,27	0,77	0,46	0,63	0,09	0,08	6,00	6,00		
Utilizando casos da literatura	0,55	0,69	0,69	0,69	0,00	0,08	8,00	8,00		
Utilizando a experiência	0,27	0,54	0,92	0,88	0,00	0,00	7,50	8,00		
Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais	0,18	0,38	0,46	0,88	0,09	0,00	8,00	8,50		
CONSIDERAR										
Deslocamentos verticais e horizontais	0,36	0,62	0,85	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00		
Alcance da massa de resíduo deslocada	0,36	0,46	0,85	0,88	0,00	0,08	10,00	9,50		
Distância da população	0,36	0,62	0,85	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00		
Identificação dos pontos vulneráveis	0,36	0,46	0,85	0,94	0,00	0,00	10,00	10,00		
Perigos	0,18	0,54	0,77	0,88	0,00	0,08	10,00	10,00		
Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados	0,09	0,38	0,69	0,81	0,00	0,08	10,00	9,00		
Movimentação do Maciço	0,18	0,46	0,62	0,94	0,09	0,08	9,00	10,00		
Movimentação do solo de fundação	0,27	0,46	0,69	0,81	0,09	0,15	7,50	9,00		
Movimentação só de taludes	0,27	0,46	0,54	0,69	0,27	0,23	10,00	9,00		
Possíveis impactos ao patrimônio	0,27	0,46	0,69	0,88	0,09	0,15	8,00	8,00		
Explosão por sabotagem	0,18	0,31	0,31	0,56	0,36	0,38	3,00	6,00		
413 AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA										
APÓS INCIDENTE										
Correções nas deformações causadas por recalques	0,64	0,92	0,85	0,88	0,00	0,00	8,00	9,00		
Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás	0,73	0,92	0,92	0,88	0,00	0,00	9,00	9,00		
Identificação de trincas	0,73	0,92	0,92	0,88	0,00	0,00	8,50	9,00		
Eliminação de trincas	0,64	0,92	0,85	0,88	0,00	0,00	9,00	9,00		
Recomposição de pequenos deslizamentos	0,73	0,85	0,92	0,88	0,00	0,08	8,50	9,00		
Eliminação de princípios de incêndios	0,73	0,92	0,92	0,75	0,00	0,00	9,00	9,00		
Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis	0,64	1,00	0,85	0,88	0,00	0,00	9,50	10,00		
Redução/rebaixamento da "coluna líquida"	0,18	0,77	0,77	0,94	0,00	0,00	8,00	9,00		
Considerar relatos de incidentes anteriores	0,36	0,62	0,77	0,94	0,09	0,08	8,00	8,00		
Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais	0,27	0,54	0,77	1,00	0,09	0,00	10,00	9,00		
Disponer de equipamentos para combate às emergências	0,18	0,62	0,85	0,94	0,00	0,00	8,00	9,00		
Treino de toda a equipe para atender às emergências	0,27	0,62	0,77	0,94	0,09	0,00	10,00	10,00		
Nomear um coordenador para ações emergenciais	0,18	0,46	0,62	0,88	0,09	0,08	10,00	10,00		
Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, órgãos públicos e etc)	0,27	0,46	0,69	0,94	0,09	0,00	9,50	9,00		
Elaborar um plano de inspeção rotineira	0,27	0,69	0,92	0,88	0,00	0,00	10,00	10,00		
Realização de exercícios simulados	0,18	0,46	0,62	0,88	0,09	0,08	7,00	8,00		
Elaboração de fluxograma de tomada de decisões	0,18	0,46	0,62	0,94	0,09	0,00	10,00	9,00		
APÓS ACIDENTE										
Plano de comunicação										
Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros	0,27	0,54	0,92	0,94	0,00	0,00	10,00	10,00		
Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente	0,18	0,69	0,85	0,94	0,00	0,00	10,00	9,00		
Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos	0,18	0,62	0,69	0,88	0,00	0,08	10,00	10,00		
Emitir boletins informativos à imprensa	0,18	0,46	0,46	0,69	0,27	0,23	7,00	7,00		
Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais	0,27	0,54	0,77	0,88	0,18	0,08	10,00	9,00		
Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso	0,36	0,62	0,85	0,94	0,09	0,00	10,00	10,00		
414 PLANO DE EMERGÊNCIA										
Acionamento plano emergencial	0,36	0,62	0,85	0,75	0,18	0,23	10,00	10,00		
Verificação da existência de vítimas	0,36	0,62	1,00	0,88	0,00	0,08	10,00	10,00		
Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)	0,27	0,54	0,85	0,81	0,18	0,15	10,00	10,00		
Providenciar recursos materiais e humanos	0,18	0,54	1,00	0,88	0,00	0,08	9,00	10,00		
Recuperação possíveis danos no solo de fundação	0,27	0,46	0,85	0,81	0,09	0,08	8,00	9,00		
Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização	0,18	0,54	0,85	0,88	0,09	0,08	7,50	9,00		
Reconfiguração dos taludes	0,27	0,62	0,92	0,94	0,00	0,00	8,00	8,00		
Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gás	0,27	0,69	0,92	0,88	0,00	0,00	8,00	9,00		
Recomposição do sistema de cobertura	0,27	0,69	0,92	0,88	0,00	0,00	8,00	8,00		
Recomposição do sistema de cobertura vegetal	0,18	0,69	0,92	0,88	0,00	0,00	7,50	8,00		
Recomposição do sistema de drenagens superficiais	0,18	0,69	0,92	0,88	0,00	0,00	8,00	9,00		
Revisar plano de emergência	0,18	0,38	0,92	0,94	0,00	0,08	10,00	9,00		
SUGESTÕES:										

8.8 APÊNDICE H - Modelo de questionário enviado aos participantes na Segunda Etapa ou Fase 2

Tabela 8.4 - Questionário Fase 2


UFMG		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS ESCOLA DE ENGENHARIA Programa de Pós-Graduação em Sanamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos															
<p>Nesta segunda fase do questionário serão analisados objetivamente somente os parâmetros relacionados ao Monitoramento Geotécnico, Análise de Risco/ Ações Emergenciais e Parâmetros Operacionais.</p> <p>Nesta etapa você poderá avaliar as respostas do conjunto de especialistas entrevistados em relação às suas respostas, podendo alterá-las se quiser.</p> <p>As respostas são apresentadas na Coluna RESPONDENTES da seguinte forma: Para as situações HOJE e IDEAL um "X" é colocado sempre que o parâmetro teve a maioria das respostas do conjunto de especialistas entrevistado. Para o PESO, é apresentada a mediana dos pesos dados pelo conjunto de especialistas entrevistado.</p> <p>Na coluna seguinte, denominada SEU PESO ORIGINAL, consta a sua resposta para o peso/importância do parâmetro.</p> <p>Em seguida, na Coluna SEU PESO MODIFICADO, você pode rever a sua resposta, simplesmente preenchendo o campo com o novo valor do peso. Caso não queira alterar sua resposta original, deixe o campo em branco.</p> <p>Na Coluna SUA RESPOSTA E DOS RESPONDENTES você pode alterar a sua resposta original referente às situações HOJE e IDEAL. As suas respostas originais estão marcadas com um "X" nos campos. Para facilitar a comparação entre as suas resposta e as do conjunto de especialistas, foi criado um código de cores da seguinte forma: Quando a sua resposta é a mesma resposta da maioria do grupo de especialistas entrevistado. Quando o grupo de especialistas entrevistado marcou o item e você não marcou. Quando você marcou o item e o grupo não marcou.</p> <p>Após analisar a sua resposta você poderá alterá-la, simplesmente marcando um "X" ou apagando o "X" referente ao parâmetro. Caso não queira alterar sua resposta deixe o campo com está.</p> <p>O mesmo raciocínio deve ser utilizado para os itens Local e Frequência do monitoramento.</p> <p>Assim que responder, favor encaminhar por e-mail, como anexo, para hpascele@terra.com.br. Caso tenha dúvidas, entre em contato com o pesquisador pelos telefones: 31 33721314 ou 31 99813330. Se necessário, faça seus comentários ao final do questionário, indicando o código do item.</p> <p>Mais uma vez agradecemos a sua colaboração.</p>																	
CÓDIGO	PARÂMETROS	RESPONDENTES						SEU PESO ORIGINAL		SEU PESO MODIFICADO		SUA RESPOSTA E DOS RESPONDENTES					
		HOJE		IDEAL		PESO RESP		SEU PESO		MOD.		HOJE		IDEAL			
1	MONITORAMENTO	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP		
11	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO																
112	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS																
	Método																
	Visual	X	X	X	X	7	7										
	Ensaios de campo		X	X	X	8	9										
	Ensaios de laboratório			X	X	8	9										
113	RECALQUES VERTICAIS																
	Método																
	Visualmente	X	X			5	6										
	Medidas topográficas convencionais		X	X	X	10	10										
	Medição de recalques em profundidade		X		X	8	8										
	Outra forma. Qual?																
	Local de monitoramento (Assinale com "1" nos quadros)																
	Em perfil																
	<input type="checkbox"/> Dique de partida					<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos											
	<input type="checkbox"/> Bermas alternadas					<input type="checkbox"/> Topo											
	Espaçamento em planta																
	<input type="checkbox"/> Até 50 m	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m				<input type="checkbox"/> Maior que 100 m											
	Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)																
	Fase de Operação		X		X	8	10										
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal				<input type="checkbox"/> Quinzenal				<input type="checkbox"/> Mensal				<input type="checkbox"/> Semestral			
	Pós-fechamento			X	X	8	9										
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal				<input type="checkbox"/> Quinzenal				<input type="checkbox"/> Mensal				<input type="checkbox"/> Semestral			
114	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS																
	Método																
	Visualmente		X		X	7	8										
	Medidas topográficas convencionais		X		X	9	10										
	Inclinômetros				X	7	8										
	Outra forma. Qual?																
	Local de monitoramento (Assinale com "1" nos quadros)																
	Em perfil																
	<input type="checkbox"/> Dique de partida					<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos											
	<input type="checkbox"/> Bermas alternadas					<input type="checkbox"/> Topo											
	Espaçamento em planta																
	<input type="checkbox"/> Até 50 m	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m				<input type="checkbox"/> Maior que 100 m											
	Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)																
	Fase de operação			X	X	7	10										
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal				<input type="checkbox"/> Quinzenal				<input type="checkbox"/> Mensal				<input type="checkbox"/> Semestral			
	Pós-fechamento			X	X	7	9										
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal				<input type="checkbox"/> Quinzenal				<input type="checkbox"/> Mensal				<input type="checkbox"/> Semestral			

Tabela 8.4 - Questionário Fase 2 (continuação)

115	PORO-PRESSÕES NOS LÍQUIDOS													
	HOJE		IDEAL		PESO RESP		SEU PESO		MOD.		HOJE		IDEAL	
	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
Método														
Medidores de nível de líquidos		X	X	X	9	9								
Piezômetros convencionais		X	X	X	7	9								
Piezômetros elétricos				X	3	9								
Outra forma. Qual?														
Local de monitoramento (Assinale com "*" nos quadros)														
Em perfil														
Espaçamento em planta														
Frequência (Assinale com "*" nos quadros e dê nota a seguir)														
Fase de operação														
Pós-fechamento														
116	PORO-PRESSÕES NOS GASES													
	HOJE		IDEAL		PESO RESP		SEU PESO		MOD.		HOJE		IDEAL	
	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
Método														
Piezômetros convencionais		X	X	X	8	9								
Piezômetros elétricos					3	8								
Outra forma. Qual?														
Local de monitoramento (Assinale com "*" nos quadros)														
Em perfil														
Espaçamento em planta														
Frequência (Assinale com "*" nos quadros e dê nota a seguir)														
Fase de operação														
Pós-fechamento														
117	OUTROS ASPECTOS - ENSAIOS NOS RESÍDUOS													
	HOJE		IDEAL		PESO RESP		SEU PESO		MOD.		HOJE		IDEAL	
	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
Provas de carga														
Sondagens periódicas				X	4	6								
Ensaio físico-químico periódico			X	X	5	7								
Outros. Quais?														
118	INSPEÇÕES VISUAIS													
	HOJE		IDEAL		PESO RESP		SEU PESO		MOD.		HOJE		IDEAL	
	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
Parâmetros														
Erosões	X		X	X	8	9								
Trincas	X		X	X	8	9								
Falha de material de cobertura	X	X	X	X	8	9								
Falha na proteção vegetal	X	X	X	X	7	8								
Afundamentos localizados	X	X	X	X	7	8								
Inclinação de arbustos	X	X	X	X	6	6								
Inclinação dos drenos de gás	X	X	X	X	6	8								
Embarrigamento de taludes	X	X	X	X	8	8								
Desalinhamento acentuado de taludes	X	X	X	X	8	8								
Escorregamentos de taludes localizados	X	X	X	X	9	9								
Desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial	X	X	X	X	8	9								
Surgência de líquidos liúvidos (chorume) em taludes e/ou bermas	X	X	X	X	8	9								
Surgência de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas	X	X	X	X	8	8								
Outros. Quais?														
Frequência (Assinale com "*" nos quadros e dê nota a seguir)														
Fase de operação														
Pós-fechamento														

Tabela 8.4 - Questionário Fase 2 (continuação)

2		ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS													
21	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES	HOJE		IDEAL		PESO RESP		SEU PESO		MOD.		HOJE		IDEAL	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
211	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO														
	Projeto geométrico do aterro		X	X	X	10,0	10,0								
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)		X	X	X	8,0	8,5								
	Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro			X	X	6,5	8,0								
	Topografia da área a jusante do aterro			X	X	10,0	8,0								
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro		X	X	X	10,0	10,0								
	Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação			X	X	4,5	8,0								
	Histórico do preenchimento do Aterro			X	X	7,0	8,0								
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes	X	X	X	X	7,0	8,0								
	Avaliação das análises de estabilidade e1stentes		X	X	X	9,5	9,0								
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques		X	X	X	9,0	9,0								
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos		X	X	X	9,0	9,0								
	Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases		X	X	X	9,0	8,0								
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos li1viados		X	X	X	8,0	8,0								
	Avaliação dos registros de vazões de biogás				X	7,0	8,0								
	Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento			X	X	7,0	8,0								
	Outros aspectos														
212	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS														
	Hipoteticamente		X	X	X	6,5	6,0								
	Utilizando casos da literatura		X	X	X	8,0	8,0								
	Utilizando a e1periência			X	X	8,0	8,0								
	Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais			X	X	8,5	9,0								
	CONSIDERAR														
	Deslocamentos verticais e horizontais		X	X	X	10,0	10,0								
	Alcance da massa de resíduo deslocada			X	X	10,0	9,5								
	Distância da população		X	X	X	10,0	10,0								
	Identificação dos pontos vulneráveis			X	X	10,0	10,0								
	Perigos			X	X	10,0	10,0								
	Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados			X	X	10,0	9,0								
	Movimentação do Maciço			X	X	9,5	9,5								
	Movimentação do solo de fundação			X	X	8,0	9,0								
	Movimentação só de taludes			X	X	10,0	9,0								
	Possíveis impactos ao patrimônio			X	X	8,0	8,0								
	E1plsoão por sabotagem				X	6,5	7,0								
213	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA														
	APÓS INCIDENTE														
	Correções nas deformações causadas por recalques	X	X	X	X	8,0	9,0								
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás	X	X	X	X	9,0	9,0								
	Identificação de trincas	X	X	X	X	9,0	9,0								
	Eliminação de trincas	X	X	X	X	9,0	9,5								
	Recomposição de pequenos deslizamentos	X	X	X	X	9,0	9,0								
	Eliminação de princípios de incêndios	X	X	X	X	10,0	9,5								
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis	X	X	X	X	10,0	10,0								
	Redução/reba1tamento da "coluna líquida"	X	X	X	X	8,0	9,0								
	Considerar relatos de incidentes anteriores	X	X	X	X	7,5	8,0								
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais	X	X	X	X	10,0	9,5								
	Disponer de equipamentos para combate às emergências	X	X	X	X	8,5	9,5								
	Treino de toda a equipe para atender às emergências	X	X	X	X	10,0	10,0								
	Nomear um coordenador para ações emergenciais			X	X	10,0	10,0								
	Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, orgaos públicos e etc)			X	X	10,0	9,5								
	Elaborar um plano de inspeção rotineira		X	X	X	10,0	10,0								
	Realização de e1ercícios simulados		X	X	X	8,0	8,0								
	Elaboração de flu1ograma de tomada de decisões		X	X	X	10,0	9,0								
	APÓS ACIDENTE	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Plano de comunicação														
	Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros			X	X	10	10								
	Manter sistema de comunicação com orgaos de meio ambiente		X	X	X	10	10								
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos		X	X	X	10	10								
	Emitir boletins informativos à imprensa			X	X	8	7								
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais		X	X	X	10	10								
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso		X	X	X	10	10								
214	PLANO DE EMERGÊNCIA	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Acionamento plano emergencial		X	X	X	10	10								
	Verificação da e1istência de vítimas		X	X	X	10	10								
	Comunicar aos agentes envolvidos(coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)		X	X	X	10	10								
	Providenciar recursos materiais e humanos		X	X	X	10	10								
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação			X	X	8	9								
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização		X	X	X	9	9								
	Reconfiguração dos taludes		X	X	X	8	8								
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gas		X	X	X	9	9								
	Recomposição do sistema de cobertura		X	X	X	8	8								
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal		X	X	X	8	8								
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais		X	X	X	9	9								
	Revisar plano de emergência			X	X	10	9								
3	PARÂMETROS OPERACIONAIS														
	HOJE														
	IDEAL														
	PESO RESP														
	SEU PESO														
	MOD.														
	HOJE														
	IDEAL														
31	PARÂMETROS														
	Tipos de resíduos aterrados	X	X	X	X	8,0	9,0								
	Peso dos resíduos	X	X	X	X	8,0	10,0								
	Altura das camadas de resíduos		X	X	X	8,0	9,5								
	Inclinação da rampa de aterragem		X	X	X	8,0	9,0								
	Número de passadas do equipamento compactador		X	X	X	8,0	10,0								
	Acompanhamento topográfico		X	X	X	9,0	10,0								
	Densidade dos resíduos aterrados		X	X	X	8,0	8,0								
	Espessura da cobertura intermediária		X	X	X	4,0	8,0								
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)					8,0	9,0								
	Outros, Quais?														
	SUGESTÕES:														

8.9 APÊNDICE I - Resultados e entrega do questionário final

Tabela 8.5 - Questionário resumo final

CÓDIGO	PARÂMETROS	HOJE						IDEAL						PESO													
		MP		GP		MP		GP		MP		GP		MP		GP											
1	MONITORAMENTO																										
11	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	MP		GP		MP		GP		MP		GP															
111	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS																										
	Método																										
	Visual	X	X	X	X	7,00	7,00																				
	Ensaio de campo		X	X	X	8,00	9,00																				
	Ensaio de laboratório			X	X	8,00	9,00																				
112	RECALQUES VERTICAIS	HOJE		IDEAL		PESO																					
	Método	MP		GP		MP		GP																			
	Visualmente	X	X			5,50	6,00																				
	Medidas topográficas convencionais		X	X	X	10,00	10,00																				
	Medição de recalques em profundidade		X		X	8,00																					
	Outra forma. Qual?																										
	Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)																										
	Em perfil																										
	<input checked="" type="checkbox"/> Dique de partida			<input checked="" type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos																							
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas			<input checked="" type="checkbox"/> Topo																							
	Espaçamento em planta																										
	<input type="checkbox"/> Até 50 m	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m		<input type="checkbox"/> Maior que 100 m																							
	Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)	HOJE		IDEAL		PESO																					
	Fase de Operação					8,00		10,00																			
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal		<input type="checkbox"/> Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/> Mensal		<input type="checkbox"/> Semestral																			
	Pós-fechamento					X		8,00		9,00																	
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal		<input type="checkbox"/> Quinzenal		<input type="checkbox"/> Mensal		<input checked="" type="checkbox"/> Semestral																			
113	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS	HOJE		IDEAL		PESO																					
	Método	MP		GP		MP		GP																			
	Visualmente			X	X			8,00																			
	Medidas topográficas convencionais		X	X	X	9,00	10,00																				
	Inclinômetros				X			8,00																			
	Outra forma. Qual?																										
	Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)																										
	Em perfil																										
	<input checked="" type="checkbox"/> Dique de partida			<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos																							
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas			<input checked="" type="checkbox"/> Topo																							
	Espaçamento em planta																										
	<input type="checkbox"/> Até 50 m	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m		<input checked="" type="checkbox"/> Maior que 100 m																							
	Frequência (Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)	HOJE		IDEAL		PESO																					
	Fase de operação			0,60		0,59		7,00		10,00																	
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal		<input type="checkbox"/> Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/> Mensal		<input type="checkbox"/> Semestral																			
	Pós-fechamento			0,60		0,59		7,00		9,00																	
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal		<input type="checkbox"/> Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/> Mensal		<input checked="" type="checkbox"/> Semestral																			
114	PORO-PRESSÕES NOS LÍQUIDOS	HOJE		IDEAL		PESO																					
	Método	MP		GP		MP		GP		MP		GP															
	Medidores de nível de líquidos		X	X	X	8,50	9,00																				
	Piezômetros convencionais		X	X	X	7,00	9,00																				
	Piezômetros elétricos				X			9,00																			
	Outra forma. Qual?																										
	Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)																										
	Em perfil																										
	<input type="checkbox"/> Dique de partida			<input type="checkbox"/> Todas as bermas dos alteamentos																							
	<input checked="" type="checkbox"/> Bermas alternadas			<input checked="" type="checkbox"/> Topo																							
	Espaçamento em planta																										
	<input type="checkbox"/> Até 50 m	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m		<input checked="" type="checkbox"/> Maior que 100 m																							
	Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)	HOJE		IDEAL		PESO																					
	Fase de operação					7,00		8,00																			
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal		<input type="checkbox"/> Quinzenal		<input checked="" type="checkbox"/> Mensal		<input type="checkbox"/> Semestral																			
	Pós-fechamento					6,50		9,00																			
	<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Semanal		<input type="checkbox"/> Quinzenal		<input type="checkbox"/> Mensal		<input checked="" type="checkbox"/> Semestral																			

Tabela 8.5 - Questionário resumo final (continuação)

121	PORO-PRESSÕES NOS GASES						HOJE		IDEAL		PESO	
	<i>Método</i>						MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Piezômetros convencionais							X	X	X	8,00	9,00
	Piezômetros elétricos											7,00
	Outra forma. Qual?											
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>											
	Em perfil											
		Dique de partida				Todas as bermas dos alteamentos						
		Bermas alternadas				Topo						
	Espaçamento em planta											
		Até 50 m		Entre 50 e 100 m		Maior que 100 m						
	<i>Frequência(Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)</i>						MP	GP	MP	GP		
	Fase de operação										6,00	8,00
		Diária		Semanal		Quinzenal		Mensal		Semestral		
	Pós-fechamento										6,00	8,00
		Diária		Semanal		Quinzenal		Mensal		Semestral		
122	OUTROS ASPECTOS - ENSAIOS NOS RESÍDUOS						HOJE		IDEAL		PESO	
	Provas de carga									X		5,75
	Sondagens periódicas									X		6,50
	Ensaio físico-químico periódico								X	X	5,50	7,00
	Outros. Quais?											
123	INSPEÇÕES VISUAIS						HOJE		IDEAL		PESO	
	<i>Parâmetros</i>						MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Erosões						X	X	X	X	8,00	9,00
	Trincas						X	X	X	X	7,50	9,00
	Falta de material de cobertura						X	X	X	X	8,00	9,00
	Falha na proteção vegetal						X	X	X	X	7,00	8,00
	Afundamentos localizados						X	X	X	X	7,00	8,00
	Inclinação de arbustos							X	X	X	7,00	6,50
	Inclinação dos drenos de gás							X	X	X	7,50	8,00
	Embarrigamento de taludes							X	X	X	7,00	8,00
	Desalinhamento acentuado de taludes							X	X	X	7,00	8,50
	Escorregamentos de taludes localizados							X	X	X	8,00	9,00
	Desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial							X	X	X	8,00	9,00
	Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas						X	X	X	X	8,50	9,00
	Surgência de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas							X	X	X	8,00	9,00
	Outros. Quais?											
	<i>Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)</i>											
	Fase de operação										8,00	9,00
		Diária	0,50	Semanal		Quinzenal		Mensal		Semestral		
	Pós-fechamento										7,50	8,50
		Diária		Semanal		Quinzenal	0,6	Mensal		Semestral		
2	ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS											
21	AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES						HOJE		IDEAL		PESO	
211	ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO						MP	GP	MP	GP	MP	GP
	Projeto geométrico do aterro							X	X	X	10,00	10,00
	Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)							X	X	X	8,00	9,00
	Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro								X	X	6,75	8,00
	Topografia da área a jusante do aterro								X	X	9,00	8,00
	Uso e ocupação do solo a jusante do aterro							X	X	X	9,00	10,00
	Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação								X	X	5,50	8,00
	Histórico do preenchimento do Aterro								X	X	7,00	8,00
	Considerar estudos de outros aterros semelhantes							X	X	X	6,50	8,00
	Avaliação das análises de estabilidade existentes							X	X	X	10,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de recalques							X	X	X	9,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos							X	X	X	9,00	9,00
	Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases							X		X		9,00
	Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados							X	X	X	8,00	8,00
	Avaliação dos registros de vazões de biogás									X		8,00
	Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento								X	X	7,00	8,00
	Outros aspectos											
212	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS						HOJE		IDEAL		PESO	
	Hipoteticamente							X	X	X	7,00	6,50
	Utilizando casos da literatura							X	X	X	8,00	8,00
	Utilizando a experiência								X	X	8,00	8,00
	Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais									X		9,00
CONSIDERAR						MP	GP	MP	GP			
	Deslocamentos verticais e horizontais							X	X	X	10,00	10,00
	Alcance da massa de resíduo deslocada								X	X	10,00	10,00
	Distância da população							X	X	X	10,00	10,00
	Identificação dos pontos vulneráveis								X	X	10,00	10,00
	Perigos								X	X	10,00	10,00
	Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados								X	X	10,00	9,00
	Movimentação do Maciço								X	X	10,00	10,00
	Movimentação do solo de fundação								X	X	8,00	9,00
	Movimentação só de taludes								X	X	9,50	9,00
	Possíveis impactos ao patrimônio								X	X	7,50	8,00
	Explosão por sabotagem									X		7,00

Tabela 8.5 - Questionário resumo final (continuação)

213	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	HOJE		IDEAL		PESO	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
	APÓS INCIDENTE						
	Correções nas deformações causadas por recalques	X	X	X	X	8,00	9,00
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás	X	X	X	X	8,00	9,00
	Identificação de trinças	X	X	X	X	8,00	9,00
	Eliminação de trinças	X	X	X	X	8,00	9,50
	Recomposição de pequenos deslizamentos	X	X	X	X	8,00	9,00
	Eliminação de princípios de incêndios	X	X	X	X	9,00	9,50
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis	X	X	X	X	9,00	10,00
	Redução/rebaixamento da "coluna líquida"		X	X	X	8,00	9,00
	Considerar relatos de incidentes anteriores		X	X	X	8,00	8,00
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais		X	X	X	9,00	9,50
	Disponer de equipamentos para combate às emergências		X	X	X	8,00	9,50
	Treino de toda a equipe para atender às emergências		X	X	X	10,00	10,00
	Nomear um coordenador para ações emergenciais			X	X	10,00	10,00
	Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, órgãos públicos e etc)			X	X	9,50	9,00
	Elaborar um plano de inspeção rotineira		X	X	X	10,00	10,00
	Realização de exercícios simulados			X	X	8,00	9,00
	Elaboração de fluxograma de tomada de decisões			X	X	10,00	9,00
	APÓS ACIDENTE						
	Plano de comunicação						
	Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros			X	X	10,00	10,00
	Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente			X	X	10,00	10,00
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos			X	X	10,00	10,00
	Emitir boletins informativos à imprensa				X		7,00
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais			X	X	9,00	10,00
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso			X	X	10,00	10,00
214	PLANO DE EMERGÊNCIA						
	Acionamento plano emergencial		X	X	X	10,00	10,00
	Verificação da existência de vítimas		X	X	X	10,00	10,00
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)		X	X	X	10,00	10,00
	Providenciar recursos materiais e humanos		X	X	X	9,50	10,00
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação			X	X	8,00	9,00
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização		X	X	X	8,00	9,00
	Reconfiguração dos taludes		X	X	X	8,00	8,00
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gás		X	X	X	8,00	9,00
	Recomposição do sistema de cobertura		X	X	X	8,00	8,00
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal		X	X	X	8,00	8,00
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais		X	X	X	8,00	9,00
	Revisar plano de emergência			X	X	10,00	9,00
22	PARÂMETROS OPERACIONAIS						
221	PARÂMETROS						
	Tipos de resíduos aterrados	X	X	X	X	8,00	9,00
	Peso dos resíduos	X	X	X	X	8,00	10,00
	Altura das camadas de resíduos		X	X	X	8,00	9,25
	Inclinação da rampa de aterragem		X	X	X	8,00	9,00
	Número de passadas do equipamento compactador		X	X	X	8,00	10,00
	Acompanhamento topográfico		X	X	X	8,50	9,50
	Densidade dos resíduos aterrados		X	X	X	8,00	8,50
	Espessura da cobertura intermediária		X	X	X	7,00	8,00
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)		X	X	X	8,00	9,00
	Outros. Quais?						

8.10 APÊNDICE J - Resultados do questionário final Fase 2 – Em números

Tabela 8.6 - Questionário final Fase 2 - números


UFMG		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS					
		ESCOLA DE ENGENHARIA					
		Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos					
CÓDIGO	PARÂMETROS	PESO		HOJE		IDEAL	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
3	MONITORAMENTO						
31	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	MP	GP	MP	GP	MP	GP
311	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS TERROSOS E PÉTREOS						
	<i>Método</i>						
	Visual	7,00	7,00	0,67	0,76	0,53	0,53
	Ensaio de campo	8,00	9,00	0,07	0,65	0,80	0,88
	Ensaio de laboratório	8,00	9,00	0,07	0,41	0,80	0,94
312	RECALQUES VERTICAIS						
	<i>Método</i>						
	Visualmente	5,50	6,00	0,53	0,59	0,20	0,35
	Medidas topográficas convencionais	10,00	10,00	0,33	0,94	0,80	0,82
	Medição de recalques em profundidade	8,00	8,00	0,13	0,76	0,13	0,88
	Outra forma. Qual?						
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>						
	Em perfil						
	<input checked="" type="checkbox"/> 0,8 Dique de partida	<input checked="" type="checkbox"/> 0,8	Todas as bermas dos alteamentos				
	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7 Bermas alternadas	<input checked="" type="checkbox"/> 0,8	Topo				
	Espaçamento em planta						
	<input type="checkbox"/> 0,5 Até 50 m	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m	<input type="checkbox"/> 0,1	<input type="checkbox"/> Maior que 100 m		
	<i>Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)</i>						
	Fase de Operação	8,00	10,00	0,00	0,47	0,20	0,47
	<input type="checkbox"/> 0 Diária	<input type="checkbox"/> 0,2 Semanal	<input type="checkbox"/> 0,3 Quinzenal	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7 Mensal	<input type="checkbox"/> 0,1 Semestral		
	Pós-fechamento	8,00	9,00	0,00	0,18	0,33	0,53
	<input type="checkbox"/> 0 Diária	<input type="checkbox"/> 0 Semanal	<input type="checkbox"/> 0,1 Quinzenal	<input type="checkbox"/> 0,2 Mensal	<input checked="" type="checkbox"/> 0,8 Semestral		
313	MOVIMENTAÇÕES HORIZONTAIS						
	<i>Método</i>						
	Visualmente	7,00	8,00	0,27	0,59	0,13	0,53
	Medidas topográficas convencionais	9,00	10,00	0,20	0,94	0,73	0,82
	Inclinômetros	6,50	8,00	0,13	0,35	0,27	0,82
	Outra forma. Qual?						
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>						
	Em perfil						
	<input checked="" type="checkbox"/> 0,8 Dique de partida	<input type="checkbox"/> 0,3	Todas as bermas dos alteamentos				
	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7 Bermas alternadas	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7	Topo				
	Espaçamento em planta						
	<input type="checkbox"/> 0,2 Até 50 m	<input type="checkbox"/> 0,3	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m	<input checked="" type="checkbox"/> 0,6	<input type="checkbox"/> Maior que 100 m		
	<i>Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)</i>						
	Fase de operação	7,00	10,00	0,00	0,24	0,60	0,59
	<input type="checkbox"/> 0 Diária	<input type="checkbox"/> 0,1 Semanal	<input type="checkbox"/> 0,2 Quinzenal	<input checked="" type="checkbox"/> 0,8 Mensal	<input type="checkbox"/> 0,1 Semestral		
	Pós-fechamento	7,00	9,00	0,00	0,18	0,60	0,59
	<input type="checkbox"/> 0 Diária	<input type="checkbox"/> 0 Semanal	<input type="checkbox"/> 0,1 Quinzenal	<input type="checkbox"/> 0,6 Mensal	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7 Semestral		
314	PORO-PRESSÕES NOS LÍQUIDOS						
	<i>Método</i>						
	Medidores de nível de líquidos	8,50	9,00	0,40	0,71	0,80	0,82
	Piezômetros convencionais	7,00	9,00	0,13	0,71	0,67	0,82
	Piezômetros elétricos	2,75	9,00	0,13	0,18	0,13	0,65
	Outra forma. Qual?						
	<i>Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)</i>						
	Em perfil						
	<input type="checkbox"/> 0,4 Dique de partida	<input type="checkbox"/> 0,3	Todas as bermas dos alteamentos				
	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7 Bermas alternadas	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7	Topo				
	Espaçamento em planta						
	<input type="checkbox"/> 0,1 Até 50 m	<input type="checkbox"/> 0,3	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 m	<input checked="" type="checkbox"/> 0,6	<input type="checkbox"/> Maior que 100 m		
	<i>Frequência (Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)</i>						
	Fase de operação	7,00	8,00	0,07	0,29	0,33	0,47
	<input type="checkbox"/> 0,1 Diária	<input type="checkbox"/> 0,2 Semanal	<input type="checkbox"/> 0,1 Quinzenal	<input checked="" type="checkbox"/> 0,7 Mensal	<input type="checkbox"/> 0,1 Semestral		
	Pós-fechamento	6,50	9,00	0,07	0,29	0,33	0,47
	<input type="checkbox"/> 0 Diária	<input type="checkbox"/> 0,1 Semanal	<input type="checkbox"/> 0,1 Quinzenal	<input type="checkbox"/> 0,1 Mensal	<input checked="" type="checkbox"/> 0,6 Semestral		

Tabela 8.6 - Questionário final Fase 2 - números (continuação)

321 PORO-PRESSÕES NOS GASES		PESO		HOJE		IDEAL			
Método		MP	GP	MP	GP	MP	GP		
Piezômetros convencionais		8,00	9,00	0,20	0,76	0,73	0,88		
Piezômetros elétricos		2,75	7,00	0,07	0,24	0,20	0,29		
Outra forma. Qual?									
Local de monitoramento (Assinale com "x" nos quadros)									
Em perfil									
	0,3 Dique de partida	0,3	Todas as bermas dos alteamentos						
	0,6 Bermas alternadas	0,7	Topo						
Espaçamento em planta									
	0 Até 50 m	0,3	Entre 50 e 100 m	0,6	Maior que 100 m				
Frequência(Assinale com "1" nos quadros e dê nota a seguir)		MP	GP	MP	GP	MP	GP		
Fase de operação		6,00	8,00	0,07	0,29	0,20	0,29		
	0,1 Diária	0,1	Semanal	0,2	Quinzenal	0,7	Mensal	0,1	Semestral
Pós-fechamento		6,00	8,00	0,07	0,24	0,20	0,35		
	0 Diária	0	Semanal	0,1	Quinzenal	0,6	Mensal	0,4	Semestral
322 OUTROS ASPECTOS - ENSAIOS NOS RESÍDUOS		PESO		HOJE		IDEAL			
Provas de carga		3,00	5,75	0,00	0,18	0,20	0,65		
Sondagens periódicas		3,50	6,50	0,00	0,29	0,27	0,65		
Ensaio físico-químico periódico		5,50	7,00	0,07	0,29	0,60	0,76		
Outros. Quais?									
323 INSPEÇÕES VISUAIS		PESO		HOJE		IDEAL			
Parâmetros		MP	GP	MP	GP	MP	GP		
Erosões		8,00	9,00	0,80	1,00	0,80	0,76		
Trincas		7,50	9,00	0,67	1,00	0,80	0,76		
Falta de material de cobertura		8,00	9,00	0,73	0,94	0,80	0,76		
Falha na proteção vegetal		7,00	8,00	0,53	0,71	0,67	0,65		
Afundamentos localizados		7,00	8,00	0,53	1,00	0,80	0,76		
Inclinação de arbustos		7,00	6,50	0,13	0,65	0,53	0,53		
Inclinação dos drenos de gás		7,50	8,00	0,13	0,82	0,53	0,65		
Embarrramento de taludes		7,00	8,00	0,13	0,88	0,67	0,76		
Desalinhamento acentuado de taludes		7,00	8,50	0,20	0,88	0,67	0,76		
Escorregamentos de taludes localizados		8,00	9,00	0,20	0,88	0,67	0,76		
Desalinhamento dos dispositivos de drenagem superficial		8,00	9,00	0,27	1,00	0,67	0,76		
Surgência de líquidos lixiviados (chorume) em taludes e/ou bermas		8,50	9,00	0,80	1,00	0,73	0,76		
Surgência de gases (borbulhamento) em taludes e/ou bermas		8,00	9,00	0,27	0,76	0,67	0,76		
Outros. Quais?									
Frequência(Assinale com "x" nos quadros e dê nota a seguir)									
Fase de operação		8,00	9,00	0,13	0,41	0,20	0,35		
	0,1 Diária	0,5	Semanal	0,5	Quinzenal	0,1	Mensal	0	Semestral
Pós-fechamento		7,50	8,50	0,13	0,35	0,13	0,35		
	0,1 Diária	0,1	Semanal	0,1	Quinzenal	0,6	Mensal	0,2	Semestral
4 ANÁLISE DE RISCO/AÇÕES EMERGENCIAIS									
41 AVALIAÇÕES E CONSIDERAÇÕES		PESO		HOJE		IDEAL			
411 ESTUDO E PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE RISCO		MP	GP	MP	GP	MP	GP		
Projeto geométrico do aterro		10,00	10,00	0,21	0,63	0,87	0,88		
Projetos complementares (drenagem de líquidos e gases etc)		8,00	9,00	0,14	0,81	0,80	0,82		
Propriedades dos materiais utilizados na implantação do aterro		6,75	8,00	0,14	0,38	0,67	0,88		
Topografia da área a jusante do aterro		9,00	8,00	0,14	0,14	0,80	0,88		
Uso e ocupação do solo a jusante do aterro		9,00	10,00	0,14	0,75	0,87	0,88		
Observações e relatos diários realizados durante a implantação e operação		5,50	8,00	0,14	0,25	0,53	0,76		
Histórico do preenchimento do Aterro		7,00	8,00	0,21	0,31	0,87	0,88		
Considerar estudos de outros aterros semelhantes		6,50	8,00	0,43	0,63	0,80	0,71		
Avaliação das análises de estabilidade existentes		10,00	9,00	0,21	0,81	0,73	0,88		
Avaliação dos registros de monitoramento de recalques		9,00	9,00	0,21	0,88	0,73	0,82		
Avaliação dos registros de monitoramento de níveis e pressões internos dos líquidos		9,00	9,00	0,14	0,81	0,73	0,82		
Avaliação dos registros de monitoramento de pressões nos gases		8,50	9,00	0,14	0,81	0,33	0,82		
Avaliação do monitoramento de vazões de líquidos lixiviados		8,00	8,00	0,14	0,81	0,80	0,82		
Avaliação dos registros de vazões de biogás		7,00	8,00	0,14	0,31	0,27	0,82		
Avaliação dos registros de parâmetros operacionais durante o enchimento		7,00	8,00	0,14	0,38	0,73	0,88		
Outros aspectos									
412 DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS		PESO		HOJE		IDEAL			
Hipoteticamente		7,00	6,50	0,07	0,75	0,53	0,71		
Utilizando casos da literatura		8,00	8,00	0,14	0,63	0,73	0,65		
Utilizando a experiência		8,00	8,00	0,21	0,31	0,87	0,82		
Utilizando modelos analíticos, numéricos e computacionais		8,00	9,00	0,14	0,31	0,47	0,82		
CONSIDERAR		MP	GP	MP	GP	MP	GP		
Deslocamentos verticais e horizontais		10,00	10,00	0,21	0,63	1,00	0,88		
Alcance da massa de resíduo deslocada		10,00	10,00	0,14	0,31	0,93	0,94		
Distância da população		10,00	10,00	0,14	0,63	1,00	0,88		
Identificação dos pontos vulneráveis		10,00	10,00	0,21	0,31	1,00	0,94		
Perigos		10,00	10,00	0,07	0,38	0,87	0,94		
Identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários analisados		10,00	9,00	0,07	0,31	0,93	0,94		
Movimentação do Maciço		10,00	10,00	0,14	0,38	0,80	0,94		
Movimentação do solo de fundação		8,00	9,00	0,14	0,38	0,87	0,82		
Movimentação só de taludes		9,50	9,00	0,14	0,31	0,67	0,76		
Possíveis impactos ao patrimônio		7,50	8,00	0,14	0,31	0,80	0,88		
Explosão por sabotagem		5,75	7,00	0,14	0,25	0,20	0,71		

Tabela 8.6 - Questionário final Fase 2 - números (continuação)

413	AÇÕES EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	PESO		HOJE		IDEAL	
		MP	GP	MP	GP	MP	GP
	APOS INCIDENTE						
	Correções nas deformações causadas por recalques	8,00	9,00	0,57	1,00	0,87	0,82
	Correções nas linhas de drenagens de líquidos e gás	8,00	9,00	0,71	0,94	0,93	0,82
	Identificação de trincas	8,00	9,00	0,71	1,00	0,93	0,82
	Eliminação de trincas	8,00	9,50	0,64	0,94	0,87	0,82
	Recomposição de pequenos deslizamentos	8,00	9,00	0,71	0,94	0,93	0,82
	Eliminação de princípios de incêndios	9,00	9,50	0,71	0,94	0,93	0,71
	Eliminação de vazamentos de líquidos em locais indesejáveis	9,00	10,00	0,64	1,00	0,87	0,82
	Redução/rebaixamento da "coluna líquida"	8,00	9,00	0,21	0,81	0,80	0,88
	Considerar relatos de incidentes anteriores	8,00	8,00	0,29	0,75	0,67	0,76
	Organização de equipe para gerenciamento das ações emergenciais	9,00	9,50	0,21	0,75	0,80	0,94
	Disponibilizar equipamentos para combate às emergências	8,00	9,50	0,14	0,81	0,87	0,88
	Treino de toda a equipe para atender às emergências	10,00	10,00	0,14	0,81	0,87	0,88
	Nomear um coordenador para ações emergenciais	10,00	10,00	0,14	0,38	0,67	0,88
	Manter informados todos os agentes envolvidos (comunidade, órgãos públicos e etc)	9,50	9,00	0,14	0,38	0,73	0,88
	Elaborar um plano de inspeção rotineira	10,00	10,00	0,29	0,75	0,93	0,82
	Realização de exercícios simulados	8,00	9,00	0,14	0,38	0,60	0,71
	Elaboração de fluxograma de tomada de decisões	10,00	9,00	0,14	0,31	0,80	0,88
	APOS ACIDENTE						
	Plano de comunicação						
	Manter sistema de comunicação com Defesa Civil e Corpo de Bombeiros	10,00	10,00	0,21	0,38	0,87	0,88
	Manter sistema de comunicação com órgãos de meio ambiente	10,00	10,00	0,14	0,81	0,87	0,88
	Manter sistema de comunicação com pronto-socorro/médicos	10,00	10,00	0,14	0,75	0,87	0,88
	Emitir boletins informativos à imprensa	7,00	7,00	0,14	0,38	0,40	0,76
	Elaborar manual de procedimentos em casos emergenciais	9,00	10,00	0,29	0,69	0,80	0,82
	Manter manual e plano de emergência em local de fácil acesso	10,00	10,00	0,29	0,69	0,87	0,88
414	PLANO DE EMERGÊNCIA						
	Acionamento plano emergencial	10,00	10,00	0,29	0,81	0,93	0,82
	Verificação da existência de vítimas	10,00	10,00	0,36	0,69	0,93	0,82
	Comunicar aos agentes envolvidos (coordenador, Defesa civil, Bombeiros e etc)	10,00	10,00	0,21	0,75	0,93	0,88
	Providenciar recursos materiais e humanos	9,50	10,00	0,14	0,75	0,93	0,82
	Recuperação possíveis danos no solo de fundação	8,00	9,00	0,21	0,44	0,80	0,82
	Recuperação possíveis danos à camada de impermeabilização	8,00	9,00	0,14	0,69	0,80	0,82
	Reconfiguração dos taludes	8,00	8,00	0,21	0,69	0,87	0,88
	Recomposição do sistema de drenagens de líquidos e gas	8,00	9,00	0,21	0,75	0,87	0,82
	Recomposição do sistema de cobertura	8,00	8,00	0,21	0,88	0,87	0,82
	Recomposição do sistema de cobertura vegetal	8,00	8,00	0,14	0,75	0,87	0,82
	Recomposição do sistema de drenagens superficiais	8,00	9,00	0,14	0,75	0,87	0,82
	Revisar plano de emergência	10,00	9,00	0,07	0,38	0,87	0,88
35	PARÂMETROS OPERACIONAIS						
351	PARÂMETROS						
	Tipos de resíduos aterrados	8,00	9,00	0,73	1,00	0,93	0,88
	Peso dos resíduos	8,00	10,00	0,73	1,00	0,93	0,88
	Altura das camadas de resíduos	8,00	9,25	0,20	0,88	0,93	0,82
	Inclinação da rampa de aterragem	8,00	9,00	0,33	0,94	0,93	0,88
	Número de passadas do equipamento compactador	8,00	10,00	0,27	0,76	0,80	0,76
	Acompanhamento topográfico	8,50	9,50	0,27	0,94	0,93	0,88
	Densidade dos resíduos aterrados	8,00	8,50	0,20	0,71	0,80	0,82
	Espessura da cobertura intermediária	4,00	8,00	0,20	0,71	0,67	0,82
	Registro da localização da aterragem de resíduos especiais (Inertes, Podas, Resíduos de Serviços de Saúde etc.)	8,00	9,00	0,33	0,88	0,87	0,94
	Outros. Quais?						

8.11 APÊNDICE K - Comentários dos respondentes sobre a primeira rodada

- “Questionário bom e bastante complexo, extenso e cansativo.”
- “Cuidados para que o questionário não caísse no tecnicismo e ficar pouco operacional.”
- “O questionário será muito importante apesar de que os aterros de pequenos e médios portes já são difíceis de construí-los, quanto mais fazer estudos e projetos.”
- “Questionário muito extenso, sugestão de revisão para as etapas seguintes; muito longo, muito extenso, não permitindo respostas rápidas.”
- “Tempo estimado para responder acima do estipulado pelo pesquisador; dúvida em qual critério se definiu médio e grande porte e achava que tinha informações desnecessárias.”
- “A proposta da dissertação é muito interessante.”
- “No item referente à frequência do monitoramento, penso sempre que no início dos processos deve haver maior cuidado. Se as observações mostrarem que o aterro se “comporta bem”, pode-se espaçar mais (até se tornar semestral, por exemplo) as análises, por razões de economia.”
- “Avaliar excesso de parâmetros ou variáveis de análise em laboratórios, como projetista sou mais direto e mais racional ao solicitar ensaios que realmente possam dar subsídios para o dimensionamento ou detalhamento do projeto.”
- “Diversos dados cujas informações foram solicitadas na fase de estudos e projetos são difíceis de serem avaliados, nessas fases ou não procedem, devendo, assim, serem descartados ou reavaliados; Item 335, a vazão deve ser diária, outros parâmetros semanais e outros mensais. Ficaram confusas as opções. Reavaliar; Deveria ser acrescentada a opção trimestral nas análises físico-químicas; Itens 333 e 334 se confundem. Avalie a possibilidade de uni-los. Verifique também a possibilidade de se criar o Item Operação, pois muitos dados descritos como sendo da fase de projeto, nesse questionário, se referem à operação.”
- “O questionário está bastante amplo, interessante, mas muito longo. Surgiram algumas dúvidas: Item Projeto.”
- “O formulário de pesquisa está elaborado de forma bem completa com relação às características da pesquisa, mas penso que poderia apresentar forma mais compacta.”

Apesar das observações e sugestões relacionadas acima, foram situações isoladas de respondentes distintos, tornando-se, portanto, difícil incluí-las estatisticamente como um consenso para modificação ou inclusão de parâmetros. A principal sugestão que foi incorporada à segunda rodada foi à redução do questionário, já comentada anteriormente.

8.12 APÊNDICE L- Informações adicionais fase 1

No questionário havia algumas lacunas que poderiam opcionalmente ser preenchidas com “X” e ao final de cada bloco, havia a opção de descrever “*outra forma. Qual?*”. A seguir a reprodução da estrutura e as sugestões de resposta.

Observações ao questionário feito pelos respondentes:

Sistema de impermeabilização de base

➤ Sistema de drenagem superficial

➤ Estruturas que poderão constar do projeto

Outro tipo: Qual? “Descidas em colchão Reno; bacias de contenção; bacias de dissipação de energia no lançamento final; geoweb; sarjetas, poços de visita, galerias, bueiros”.

• Sistema de drenagem interna de líquidos

➤ Materiais a serem utilizados

Outro material. Qual? “Composto tubo PVC perfurado e rachão; bacias de contenção; Brita 3 ou 4; Geosintéticos”.

➤ Tipos de drenos

Outro tipo. Qual? “Radial se célula com 4 dimensões semelhantes; Drenos Horizontais a Verticais – Ligações”.

• Sistema de drenagem interna de gás

➤ Material a serem utilizados

Outro material. Qual? “Composto de tela, tubo PVC perfurado e rachão; outros resíduos reciclados (ex: plásticos); Brita 3 OU 4”

• Monitoramento geotécnico

➤ Recalques verticais

Outra forma. Qual? “Sensores”

➤ Movimentações horizontais

Outra forma. Qual? “Sensores; Monitoramento de marcos superficiais e visualização 3D dos deslocamentos”

➤ Poro-pressões nos gases

Outra forma. Qual? “Piezômetro vector; Piezômetro tipo sifão e de poços (venturi)”

➤ Local de monitoramento

Outros. Quais? “Norma da ABNT”

• Águas superficiais

Outros. Quais? “Condutividade elétrica; Sedimentos; cloretos / nitrito/nitrato/ fósforo; Oxigênio Dissolvido – OD; Microbiológico; nitrato, sulfato e fosfato”.

- Águas subterrâneas

Outros. Quais? “Condutividade elétrica; Microbiológico”

- Qualidade do ar

Outro tipo de instrumento. Qual? “Pluviômetro; Estação meteorológica”

➤ Medidas de controle

Outras medidas. Quais? “Pavimentação de vias”

- Líquido lixiviado

Outros. Quais? “Microbiológico”

“Para o quesito monitoramento sugiro inclusão de complemento de controle de pragas (moscas)”

8.13 APÊNDICE M - Diretrizes para inspeção geotécnica em aterros sanitários

Esta diretriz pretende contribuir com um roteiro para inspeções em aterros, possibilitando a detecção de falhas e antecipando a identificação de futuros danos.

Foi idealizada uma ficha de inspeção/questionário, que tem como pilar principal as informações e as respostas dadas no questionário *Delphi* aplicado e já relatado nas Tabela 8.7 e 8.8.

Por serem inúmeras as variáveis para avaliações da real condição de um aterro sanitário, depois de levantadas as informações, *será imprescindível a emissão de um laudo final conclusivo por um profissional qualificado com formação e experiência no assunto.*

Ressalta-se que esta ficha de avaliação é somente uma diretriz, podendo ser modificada a critério do avaliador.

Como orientações para a utilização deste modelo idealizado, somente serão preenchidas os campos em branco.

Tabela 8.7 - Ficha de inspeção em locais de deposição de resíduos – Visita inicial

FICHA DE INSPEÇÃO EM LOCAIS DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (VISITA INICIAL)									
DADOS GERAIS SOBRE O EMPREENDIMENTO									
Data da vistoria									
Localização:									
Empreendedor:									
Coordenadas Geográficas									
Responsável Técnico pelo empreendimento									
Distância da População									
Distância do lençol freático									
Pluviosidade média									
Responsável Técnico pela vistoria									
CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO									
O aterro foi ou é licenciado?	sim		não						
Existe projeto do aterro?	sim		não						
O projeto foi aprovado?	sim		não						
Tipo predominante de solo de fundação									
Existe perfil topográfico original do terreno?									
Existe topografia planialtimétrica do terreno?									
Qual é o tipo de impermeabilização?									
Foi feita a análise de estabilidade do maciço?									
Tipo de Aterramento	rampa		área		encosta		trincheira		
Qual tipo de material de cobertura utilizado diariamente?									
Qual tipo de material de cobertura utilizado como acabamento?									
Qual a espessura do material da cobertura diária. E final ?									
Qual tipo de vegetação utilizado como proteção da camada de cobertura?									
Qual a inclinação da rampa de aterragem utilizada?									
Qual a altura da camada de aterramento?									
Qual a altura final projetada/aterrada do aterro?									
Existe registro da localização da aterragem de resíduos especiais (entulho, poda, Serviços de Saúde etc)?			sim		não				
Qual o número de passadas do equipamento de compactação utilizado?									
Existe controle do grau de compactação dos resíduos?		sim		não					
Se existe controle, qual o grau de compactação?									
Existe sistema de drenagem de líquidos?		por camada		camadas alternadas		outros			
Local para onde são drenados os líquidos		lagoa		ETE		outros			
Existe sistema de drenagem de gases?		Desde a base				outros			
Distância entre os drenos de gás		<50m		entre 50 e 100m		acima de 100m			
Quantos são os drenos de gás?									
Existe a exploração do Biogás, que tipo?									
A exploração é forçada (pressão negativa)?	sim		não						
Os drenos de gás foram fechados?	sim		não						
Existe instrumentos de monitoramento geotécnico, quais?									
Existem placas de recalques, quantas?									
Existem inclinômetros, quantos?									
Existem piezômetros, quantos?									
Existem células de pressão, quantas?									
Qual a frequência do monitoramento geotécnico?		semanal		mensal		semestral			
Qual a vazão de chorume do aterro atual?									
Qual a vazão de chorume do aterro dos últimos 3 anos?									
INSPEÇÃO DE CAMPO									
Aparência do topo	colo		alteado		trincas		empoçamento		outros
Aparência das bermas	alinhadas		desniveladas		surgência de chorume		erosões		trincas
Aparência dos taludes	alinhadados		desnivelados		surgência de chorume		erosões		trincas
Percebe-se a falta de material de cobertura?	sim		não						
Aparência do sistema de drenagem superficial (canaletas, canais)		quebrados					desalinhados		trincas
Drenos de gás ou poços de captações funcionando?		sim		não					
Drenos de gás ou poços de captações inclinados ou danificados?		sim		não					
Drenagem de líquido livres e escoando?		sim		não					
Observou-se alguma surgência de líquido lixiviados em taludes ou bermas?		sim		não					
Foram detectadas trincas?	sim		não						
Estão sendo feitas manutenções?	sim		não						
Existem falhas na proteção vegetal?	sim		não						
Constatou-se inclinação de arbustos?	sim		não						
COMENTÁRIOS									
anexar fotos anexar boletim de sondagem anexar ensaios de laboratório de solos anexar relatórios do tipo de impermeabilização e de sua execução anexar dados pluviométricos de 10 anos anexar cadastramento das drenagens de líquido e gases Obs.: Utilizar na visita inicial ao empreendimento.									

8.14 APÊNDICE N - Diretrizes para análise de risco

1. Caracterização do risco

O risco deverá ser caracterizado levando-se em consideração os dados existentes no empreendimento, tais como: topografia, estudos geológicos e hidrogeológicos, geotécnicos, sistema de impermeabilização de base, sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem de líquidos, sistema de drenagem de gás, camada de cobertura, projeto geométrico, o monitoramento geotécnico, os parâmetros operacionais, análise de estabilidade existente e outros.

Se o empreendimento utilizar de alguma tarefa de rotina tal como ficha de inspeção, esta também será de muita importância para a caracterização dos riscos.

Para a realização da análise de risco, sugere-se a utilização de questionário semelhante ao modelo apresentado no Apêndice L – Diretrizes para inspeção geotécnica em aterros sanitários.

2. Características gerais do empreendimento

Descrição de todas as características e informações do empreendimento, localização geográfica, mapa de localização, titularidade do empreendimento.

3. Características técnicas do Projeto do Aterro Sanitário

Breve descrição do projeto com informações básicas, informações sobre a vida útil projetada, relevo do terreno e altura de resíduos que o mesmo alcançará, disposição dos resíduos no aterro, método utilizado na compactação, cuidados geotécnicos, sistemas de drenagens superficiais e de líquidos lixiviados, sistema de drenagem de gás, camada de cobertura, o próprio projeto geométrico e detalhamento das unidades físicas do empreendimento com suas especificações.

4. Identificação dos perigos e consolidação dos cenários acidentais

4.1 - Perigos

Um aterro sanitário onde são dispostos resíduos sólidos urbanos está sujeito a diversas movimentações verticais e horizontais, causadas, geralmente, pela degradação da matéria orgânica presente na sua composição e à acomodação devida à sobreposição de camadas

desses resíduos.

Estas movimentações são observadas por meio do monitoramento de recalques nos maciços de resíduos e nas movimentações nos diques de contenção, quando existem, devido ao empuxo provocado pelos resíduos apoiados nos mesmos. Podem também, ser observadas movimentações nos solos de fundação, quando estes apresentam alta compressibilidade e/ou baixas resistências.

O surgimento de trincas também não é um bom indicativo, já que as mesmas podem configurar como um prenúncio do escorregamento da massa de resíduos.

Todo esse conjunto de fatores pode indicar a instabilidade do maciço de resíduos. No entanto, caso sejam detectadas as áreas críticas que podem ser afetadas pelas variáveis que levem ao escorregamento, podem ser identificados os perigos que as mesmas representam e adotadas medidas coercitivas que visem à redução dos possíveis impactos que podem ser gerados e/ou até mesmo evitar os acidentes (deslocamento da massa de resíduos).

Estudos de análises de estabilidades periódicos, baseados nos registros de monitoramento, deverão ser realizados para verificação das reais condições geotécnicas e indicar como está a segurança do maciço e se haverá necessidade de possíveis intervenções.

Para a definição de cenários para caracterização dos riscos será levado em consideração as propriedades dos resíduos aterrados, a análise de estabilidade, os cenários hipotéticos, além dos casos relatados em literatura. Para os aterros de grande porte são recomendados a utilização de modelos analíticos, numéricos e computacionais para a previsão do alcance da massa de resíduos após o possível escorregamento.

Recomenda-se também para a caracterização dos riscos, tanto para os aterros de médio quanto para os de grande porte, a observação aos seguintes itens:

- Deslocamentos verticais e horizontais de todo o empreendimento;
- Alcance da massa de resíduos deslocada;
- Distância da população;
- Identificação dos pontos vulneráveis;
- Perigos, identificação dos riscos e grau de severidade dos cenários;
- Possíveis impactos ao patrimônio.

Também como ferramenta para a análise dos riscos, deverão ser realizadas inspeções de campo, onde serão verificados dentre outros, os seguintes itens:

- Aparência do topo, bermas e taludes;
- Trincas;

- Empoçamentos;
- Surgências de líquidos lixiviados;
- Erosões;
- Uniformidade da camada de cobertura (falta de material, resíduos expostos etc.);
- Aparência do sistema de drenagem superficial (desalinhamentos, canaletas levantadas ou desencontradas etc.);
- Condição de alinhamento e funcionamento dos drenos de gás;
- Drenagens de líquidos livre e com vazão constante;
- Inclinação de arbustos.

Os registros dos instrumentos instalados, tais como marcos superficiais, inclinômetros e piezômetros, serão de grande importância para verificação do comportamento do maciço e suas alterações, sejam esperados ou como indicativo de anomalias.

Com o resultado e análise de várias informações, tais como: conhecimento do tipo de resíduo, solo utilizado (cobertura diária e final), bem como os resultados do monitoramento dos instrumentos citados, serão úteis para realização de estudo de estabilidade, onde se poderá ter uma idéia de possíveis cenários de ruptura.

4.2 - Cenários

Como os tipos de acidentes em aterros sanitários não são freqüentes e regulares, faz-se necessário, após análises do maior número de informações possíveis e utilização de modelos matemáticos, idealizar cenários que possivelmente poderão ocorrer. De uma forma geral, três tipos de situações podem ocorrer:

- Cenário 1: ruptura dos taludes do aterro sanitário, sem danos ao dique de contenção (Figura 8.2);
- Cenário 2: ruptura do dique de contenção e conseqüentemente dos taludes do aterro sanitário (Figura 8.3);
- Cenário 3: ruptura do solo de fundação e, conseqüentemente, do dique de contenção e dos taludes do aterro sanitário (Figura 8.4).

Estes cenários são hipotéticos e podem ser modificados dependendo de cada empreendimento e tipo de aterramento. Levou-se em consideração aqui os aterros de grande porte para tais cenários, mas, pode-se imaginar que alguns dos cenários também ocorram em aterros de médio porte.

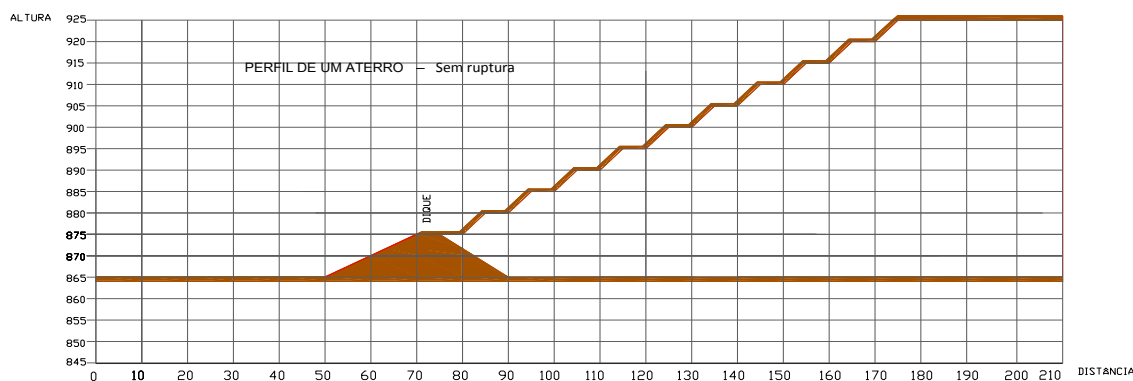


Figura 8.1- Perfil de um aterro hipotético

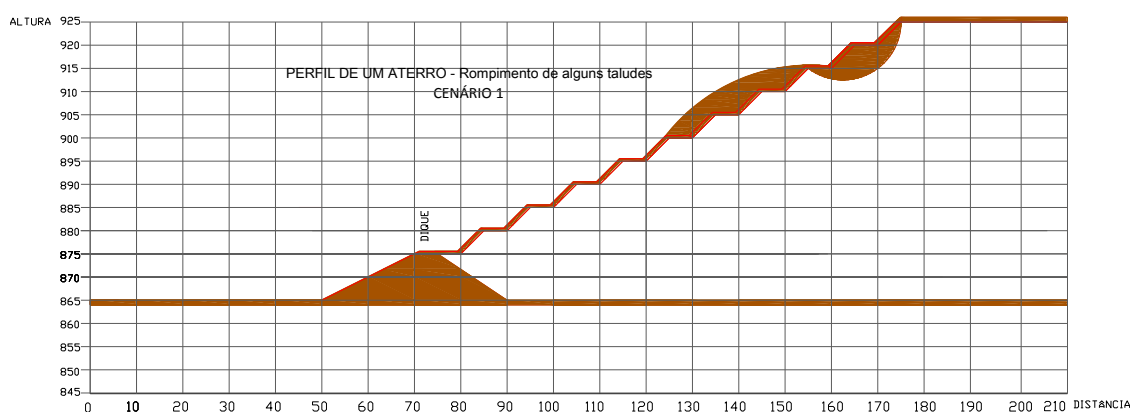


Figura 8.2 - Cenário 1: Ruptura dos taludes do aterro sanitário, sem danos ao dique de contenção (se houver)

Dentre os cenários hipotéticos levantados, o Cenário 1 é o que traria menos conseqüências danosas, uma vez que a ruptura ocorreria nos taludes do maciço de resíduos, mas conservaria intacto o dique (se houver) e o solo de fundação.

Esta ruptura poderia ser ocasionada por bolsões localizados de líquidos e gases, em pontos específicos do aterro sanitário, provocados por possíveis problemas de ineficiência no sistema de drenagem.

Nesta hipótese, seria deslocada, provavelmente, uma massa de resíduos de menores proporções, sendo que os mesmos seriam depositados sobre os taludes inferiores do aterro sanitário. Operacionalmente, os danos seriam poucos e se resumiriam em:

- Desabamento da massa de resíduos, com a desconfiguração dos taludes e bermas das áreas afetadas;
- Destruição do sistema de drenagem de líquidos e gases nas áreas afetadas;
- Destruição da cobertura final e vegetal das áreas afetadas;
- Destruição das estruturas de drenagem de águas pluviais nas áreas afetadas.

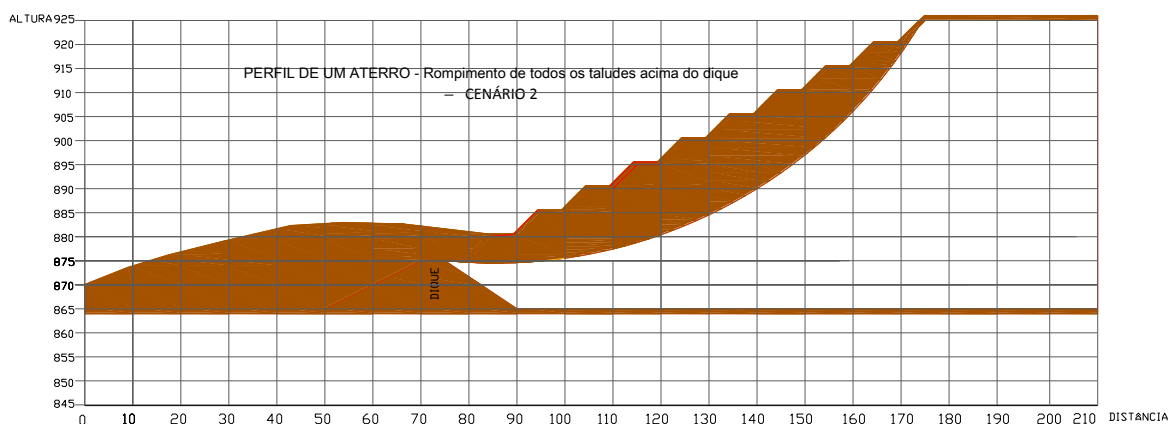


Figura 8.3 - Cenário 2: ruptura dos taludes acima do dique de contenção

Os resultados dessa ruptura seriam mais danosos e acarretariam um grande número de impactos ambientais, sociais e de saúde pública. Haveria um deslocamento muito grande da massa de resíduos, que dependendo da localização do aterro, poderia inclusive ultrapassar as suas divisas.

Os inconvenientes poderiam ser a geração de maus odores, dispersão de gases na atmosfera local imputando o risco de explosões, escoamento dos líquidos lixiviados nos cursos naturais.

Ter-se-ia ainda:

- Desabamento da massa de resíduos, com a desconfiguração dos taludes e bermas das áreas afetadas;
- Possíveis danos ao dique de contenção se houver;
- Destruição do sistema de drenagem de líquidos e gases nas áreas afetadas;
- Destruição da cobertura final e vegetal das áreas afetadas;
- Destruição das estruturas de drenagem de águas pluviais nas áreas afetadas;
- Possível destruição do sistema de tratamento de líquidos lixiviados.

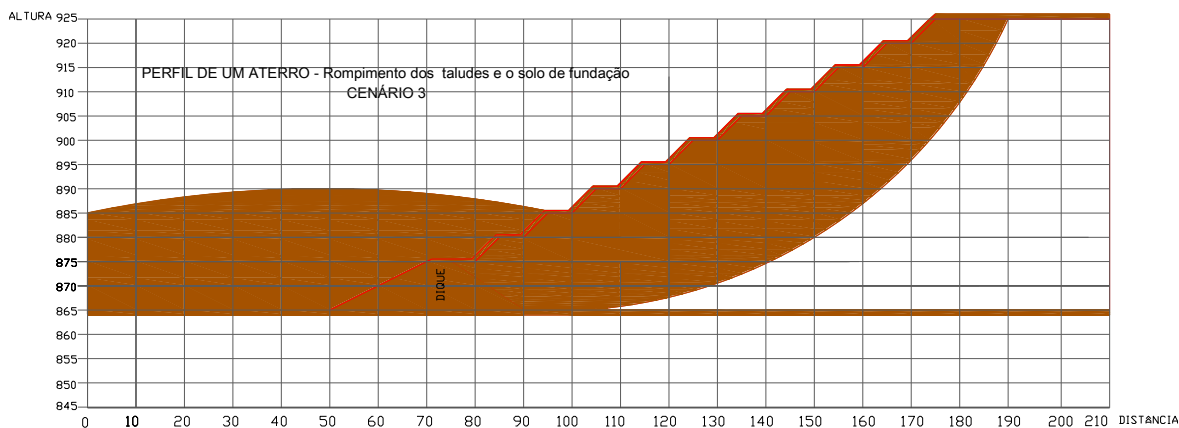


Figura 8.4 - Cenário 3: ruptura dos taludes e do solo de fundação

Dos três cenários hipotéticos, o cenário 3 seria o mais danoso, pois além de provocar os mesmos impactos descritos nos outros cenários, acarretaria inviabilização da utilização da área afetada para disposição de resíduos. Isto porque teria que ser recuperada a fundação do aterro, assim como a mesma teria que ser reforçada para oferecer condições de voltar a receber resíduos.

Geraria também a necessidade da realização de uma grande obra de engenharia para recuperação da área do maciço de resíduos.

Considerando que toda a área ficaria instável, dificilmente conseguir-se-ia acessar o local para reformulação e/ou construção de um novo sistema de impermeabilização de base, que viesse a oferecer segurança para a disposição de resíduos nesse local.

Ter-se-ia ainda, que acionar o plano de ação de emergência, assim como todas as instituições envolvidas.

5. Impactos sobre o patrimônio

Um evento de deslizamento da massa de resíduos poderia gerar impactos sobre o patrimônio público e particular. A ocorrência de deslizamento de resíduos poderia comprometer as unidades de armazenamento de líquidos, que podem ser tanques de armazenamento, lagoas ou outro tipo de tratamento, localizados a jusante da área do escorregamento. Deve-se considerar também que, geralmente, existem funcionários trabalhando nesses locais.

Dependendo do porte do escorregamento, toda a região provavelmente seria soterrada por resíduos, podendo toda a estrutura física e equipamentos ser destruídos pelo impacto causado pela movimentação.

Ter-se-ia ainda, no caso da ocorrência de alguns dos cenários, a danificação do sistema de drenagem de líquidos lixiviados e de gases do aterro sanitário. O comprometimento destes sistemas tenderia a agravar os impactos gerados pelo evento, pois haveria geração de odores e o risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

6. Programa de gerenciamento de risco

O Programa de Gerenciamento de Riscos proposto está fundamentado em dois pontos:

- Utilização de instalações físicas, de infraestrutura e de equipamentos operacionais adequados;
- Institucionalização e cumprimento de normas, procedimentos e planos de contingência

específicos para cada tipo de cenário acidental.

7. Segurança operacional do aterro sanitário

A segurança operacional do aterro sanitário fundamenta-se no monitoramento geotécnico do mesmo, que engloba o acompanhamento dos recalques verticais, movimentações horizontais com deslocamentos do maciço de resíduos e de alguma estrutura de contenção, se houver (ex. dique), da pressão dos gases e do nível de líquidos no interior do maciço. O controle desses parâmetros indica o comportamento da massa de resíduos dispostos.

O monitoramento da operação abrange o controle da densidade dos resíduos, a inclinação da rampa de aterragem e a qualidade e quantidade dos resíduos que aportam ao aterro sanitário. O controle desses parâmetros é fundamental para garantir uma correta disposição e compactação dos resíduos.

A verificação dos dispositivos necessários de drenagens de líquidos e gases tem que sofrer constantes acompanhamentos para garantir seus efetivos funcionamentos. Um dos itens importantes é o acompanhamento da vazão dos líquidos lixiviados, com intuito de observar possíveis colmatações das linhas de drenagens e dos gases. Nas linhas de drenagens de gases o funcionamento de saída deve ser efetivo. Se houver dispositivos que capturem os gases para fins energéticos, deverá ser observado se os mesmos estão abertos e se a pressão exercida não influenciará no surgimento de fatores indesejáveis como grandes recalques localizados.

O aparecimento de trincas e recalques em um aterro sanitário são fatores que ocorrem e que podem ter caráter normal ou podem indicar alguma anomalia. Podem indicar um acontecimento extremo de deslocamento de maciço ou indicar algum ressecamento da camada de cobertura. Estas situações devem ser sempre observadas e relatadas pelos encarregados de campo e pelos servidores que trabalham diretamente no aterro e podem desenvolver esta função, sem prejuízo as demais.

8.15 APÊNDICE O – Plano de Ação Emergencial - PAE

1. Introdução

Usualmente, a gravidade das consequências dos acidentes está diretamente ligada à inexistência de planos de ações emergenciais. Nesta situação, normalmente não há tempo para planejamento, organização ou treinamento.

O grande problema da contingência é a aceitação da existência do risco. Este é inevitável e de difícil previsão, apesar de todo e qualquer esforço para evitar ou até mesmo diminuir a chance e probabilidade de ocorrência.

A minimização dos danos só pode ser alcançada quando a empresa elaborar o plano de contingência, o qual deve ter como objetivo orientar os respectivos responsáveis, de maneira incontestada e eficaz, com base em ações refletidas, apropriadas e normatizadas com base no real risco que a empresa sofre.

A falta de providências prévias para enfrentar uma situação de emergência pode resultar em danos sérios e até mortes, destruição de propriedades e instalações, e mesmo a paralisação das atividades.

Nas situações de perigo cujo cenário de risco que incluam Treinamento, Controle Operacional e Plano de Contingência, este último é estabelecido pelo fato de os dois primeiros não serem plenamente capazes de prevenir a ocorrência de situações de emergência.

Nesse sentido, faz-se necessário apresentar, as principais ações a serem conduzidas de forma a minimizar os impactos decorrentes do escorregamento acidental da massa de resíduos de um aterro sanitário.

2. Definições

Para realização do plano, algumas definições se fazem necessárias (adaptado de CODEBA, 2001):

I - Emergência: Situação gerada por um acidente que pode provocar alteração nos procedimentos de rotinas operacionais do aterro sanitário, causando danos às pessoas, ao patrimônio e ao meio ambiente;

II - Plano de emergência e/ou contingência: Plano de Contingência ou Emergência deve ser entendido como uma ação para mitigar, isto é, reduzir/atenuar os danos originados pela ocorrência de falhas. São estabelecidas as descrições das situações de perigo, os

procedimentos de atendimento ao acidente, os recursos necessários, os responsáveis pela ação e uma descrição sucinta das ações mitigadoras e de prevenção. Pode ser considerado também um documento onde se definem responsabilidades e se estabelecem os procedimentos técnicos e administrativos para controlar uma situação de emergência, onde contém informações básicas sobre as características da área abrangida, relaciona os recursos humanos e materiais para o controle e sugere algumas linhas de ação para cessar a situação;

- III – Contingência: Situação gerada por um acidente que pode provocar alterações nos procedimentos de rotina operacional, cujas consequências extrapolam os limites da unidade e que para o combate se tornam necessários recursos de outras entidades, públicas ou privadas.

3. Objetivos

O objetivo de um Plano de Contingência/Emergência é realçar os tipos de problemas que os envolvidos com a execução do referido Plano encontrarão e orientá-los para que estejam previamente preparados para enfrentá-los.

Este procedimento visa identificar os perigos e danos relacionados, avaliar e atualizar os riscos visando à prevenção de acidentes através de treinamento e/ou controles operacionais bem como a preparação e o atendimento a situações de emergência.

O objetivo principal do Plano é estabelecer procedimentos técnicos e administrativos a serem adotadas pelo empreendedor, para prevenção, controle e assistência à eventualidade da ocorrência de um deslizamento de resíduos sólidos urbanos dispostos no aterro sanitário.

Com este plano, pretende-se estruturar a cooperação de todas as instituições envolvidas e os órgãos públicos, capazes de atuar nas operações de combate aos acidentes preconizados quando da elaboração dos cenários de risco. Deverá prever a utilização de pessoal capacitado e equipamentos específicos, minimizando-se assim, eventuais danos à população, ao meio ambiente e reduzindo-se os custos operacionais envolvidos.

4. Riscos e cenários acidentais considerados

A identificação dos riscos é o primeiro e essencial passo quando se deseja implantar um sistema de gerenciamento de riscos. Os diferentes tipos de processos ensejam diferentes medidas de prevenção e correção dos riscos advindos. Dentre os tipos de processos causadores de riscos,

destacam-se os escorregamentos de aterros sanitários como parte do grupo de acidentes que podem causar vítimas fatais.

Os escorregamentos, também chamados de deslizamentos, desmoronamentos, desabamentos ou desbarrancamentos, em aterros sanitários, envolvem a movimentação de uma grande massa de resíduos. São processos provocados geralmente pela compactação inadequada dos resíduos sólidos e pressão interna nos líquidos e gases, resultado da ineficiência dos sistemas de drenagem internos.

O tipo de escorregamento orienta as medidas emergenciais e definitivas que devem ser tomadas para evitar a ocorrência de problemas.

Assim, a partir do conhecimento dos riscos, podem ser concebidas três hipóteses de cenários que, caso venham a ocorrer, poderiam trazer inúmeros transtornos:

- Ruptura dos taludes do aterro sanitário, sem danos ao dique de contenção (se houver);
- Ruptura do dique de contenção (se houver) e conseqüentemente dos taludes do aterro sanitário;
- Ruptura do solo de fundação e, conseqüentemente, do dique de contenção (se houver) e dos taludes do aterro sanitário.

5. Área de abrangência e limitações do plano

5.1. Área diretamente afetada

A área que seria afetada por um evento de deslizamento de resíduos sólidos urbanos no aterro sanitário deve ser definida em função dos cenários previstos.

Definir o volume de resíduos que seria deslocado e o alcance dessa massa, não é tarefa fácil, já que não se dispões de mecanismos práticos nem computacionais que permitam definir a extensão que um deslizamento poderia alcançar, assim como existem poucas referencias bibliográficas sobre o assunto.

Assim como o volume, a definição da distância que um escorregamento de resíduos sólidos no aterro sanitário alcançaria, deve ser fundamentada nos seguintes aspectos: propriedades geomecânicas dos resíduos dispostos, níveis internos de líquidos e pressões nos gases no momento do escorregamento, grau de compactação dos resíduos, características dos sistemas de drenagem executados etc.

No entanto, essas características e parâmetros são difíceis de serem conhecidos, pois os trabalhos referenciados nem sempre apresentam estes dados, assim como seria praticamente impossível correlacioná-los.

Portanto antes de desenhar ou traçar tais cenários, deverá ser estimada ou assumida hipoteticamente a distância que o evento alcançaria.

5.2. População diretamente afetada

Caso exista população a jusante do aterro na área de influência de um eventual escorregamento, esta deverá ser quantificada, bem como realizado um levantamento das construções e equipamentos existentes.

5.3. Danos causados

Os danos causados poderiam ser divididos em três:

- Danos primários, que seriam ocasionados pelo cenário 1 e teriam como consequências apenas a movimentação de parte da massa de resíduos. Isto implicaria apenas na utilização de máquinas para efetuar a re-compactação dos resíduos e material inerte para recobrimento dos resíduos;
- Danos secundários, que seriam ocasionados pelos cenários 2 e 3, que acarretariam, além dos danos primários, outras consequências, principalmente a perda patrimonial tanto do empreendedor quanto dos moradores das áreas afetadas;
- Danos irreversíveis, que teriam como principal consequência, a perda de vidas humanas, decorrentes do deslizamento que viria a ocorrer, de forma incontrolável. Seriam verificados também os prejuízos previstos nos cenários 1 e 2.

O desenvolvimento de cenários hipotéticos é um exercício necessário para verificar a intensidade dos acontecimentos. Pode-se, portanto, imaginar algumas situações em função do volume de resíduos escorregados e em função de algumas instalações próximas ou de vizinhança, se houver. Como se pode observar na Figura 8.2, apesar do deslocamento de pequeno volume de resíduos e acontecimento local, poderá ter uma probabilidade ocorrência com maior frequência. E em casos de maiores proporções uma frequência remota.

Segundo IPIECA (1991), situações distintas requerem diferentes respostas. Os riscos de deslizamento de resíduos sólidos em um aterro sanitário e suas respectivas respostas devem ser classificados de acordo com o tamanho do deslizamento e com a proximidade das instalações operacionais e das populações próximas. Em realidade, um Plano de Emergência deve ser desenvolvido para cada nível e devem estar relacionados a cada cenário previsto. A capacitação para resposta ao Nível 1 deve estar dimensionada exclusivamente para atuação no local, no entanto, deve estar previsto o acesso a recursos de Nível 2 e Nível 3, para casos em que um incidente localizado exceda a capacitação relativa ao Nível 1 (Figuras 8.2 a 8.4).

- Nível 1 (Cenário I) - Deslizamentos tipicamente operacionais que podem ocorrer nas camadas superiores do aterro sanitário e são, geralmente, consequência da própria atividade. Constitui de deslizamentos de pequenos volumes, para o qual a empresa operadora deve dispor dos recursos necessários para responder a eles (Figura 8.2);

- Nível 2 (Cenário 2) - Deslizamentos maiores, que ocorrem nas imediações ou vizinhanças do aterro sanitário podendo, eventualmente, ultrapassar os limites do mesmo. Geralmente demandará recursos adicionais de outras empresas ou órgãos governamentais, existentes na região, normalmente em regime de auxílio mútuo (Figura 8.3);
- Nível 3 (Cenário 3) - Refere-se normalmente a grandes deslizamentos de resíduos, próximos ou distantes do aterro sanitário, podendo atingir, inclusive, a população local (Figura 8.4). Nessa situação, uma quantidade significativa de recursos adicionais é necessária, através do apoio de outros estoques de equipamentos existentes em âmbito nacional ou internacional. Assim como no Nível 2, serão demandados recursos adicionais de outras empresas ou órgãos governamentais, existentes na região, normalmente em regime de auxílio mútuo.

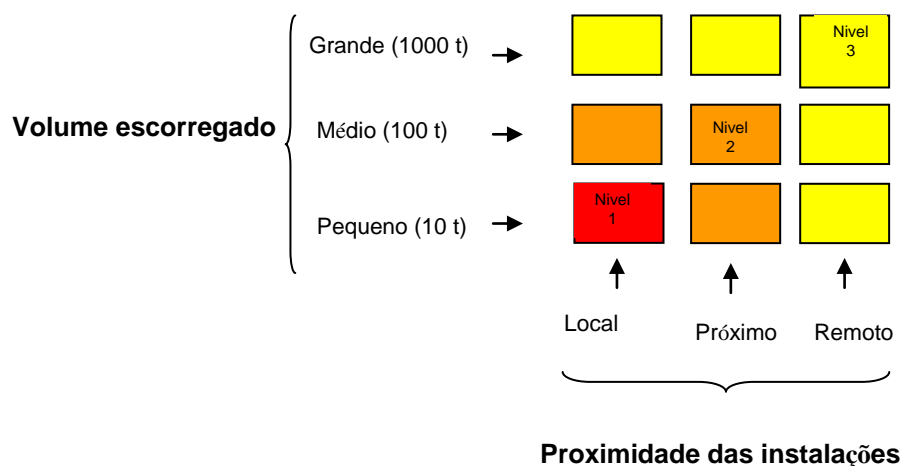


Figura 8.5 - Cenários hipotéticos com relação de volume escorregado e proximidade das instalações (adaptado de CODEBA, 2001)

5.4. Estrutura organizacional

A Estrutura organizacional mínima a ser envolvida pode ser observada na Figura 8.6, enquanto que nos itens seguintes são apresentadas a descrições de cada entidade de trabalho, contemplando as atribuições e responsabilidade de cada uma. Adaptado CODEBA (2001).

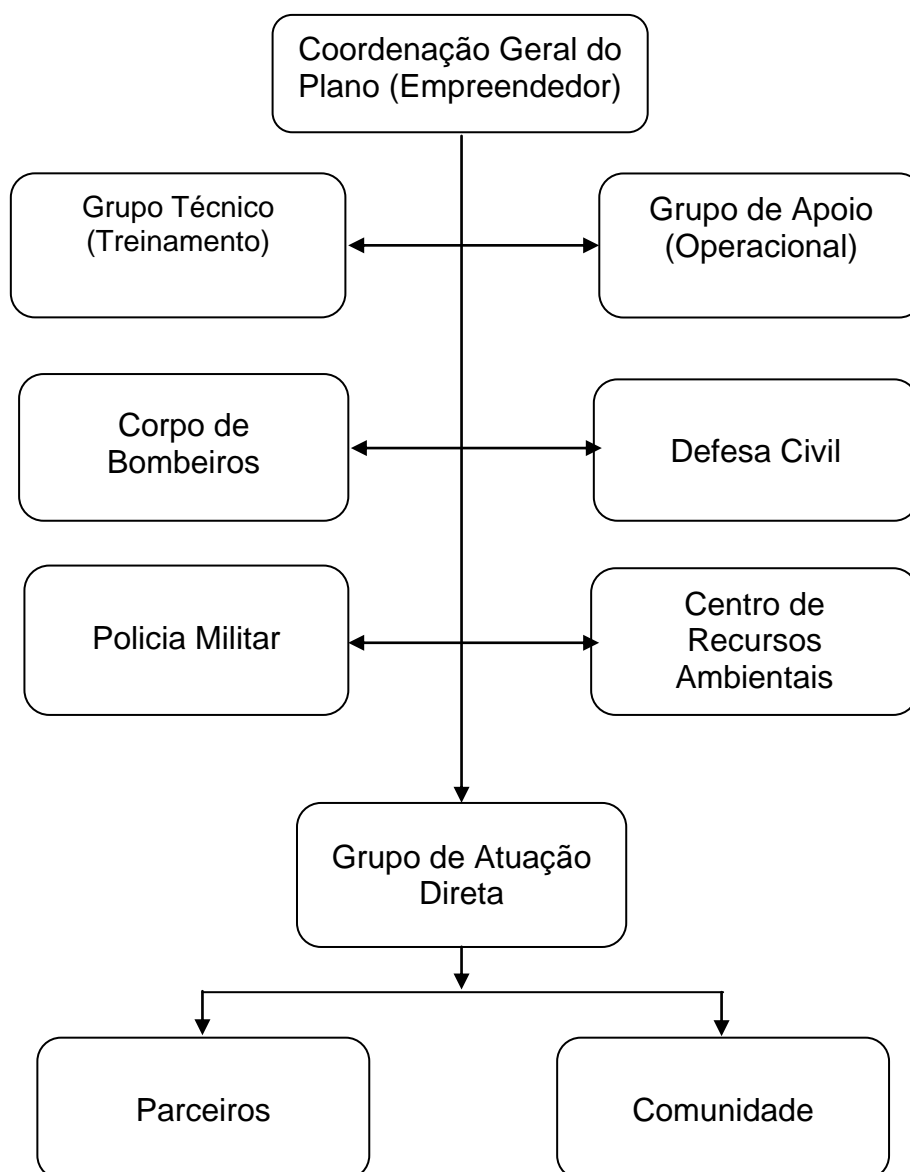


Figura 8.6 - Estrutura Organizacional (adaptado de CODEBA, 2001)

5.5. Atribuições do empreendedor

- Dispor de Plano de Emergência;
- Disponibilizar recursos para ação de resposta;
- Realizar exercícios simulados;
- Nomear um Coordenador para os Planos;
- Promover encontros com a presença de Autoridades e Parceiros Envolvidos;
- Atuar como coordenadora do Plano dentro da área do Aterro Sanitário;
- Convocar os Parceiros e Autoridades para participar do plano;
- Promover convênios de cooperação com empresas que possam prestar auxílio com mão de obra e/ou equipamentos especializados, caso julgue-se necessário.
- Comunicar em primeira mão/convocar agentes necessários, caso ocorra.

- Mobilizar a comunidade nas tarefas relativas ao atendimento do acidente;
- Proceder à investigação para identificar as causas do evento (deslizamento);
- Evacuar a área, se necessário;
- Manter a capacidade de atendimento às situações emergenciais;
- Prover recursos humanos e materiais para a limpeza das áreas atingidas;
- Disponibilizar equipe técnica em tempo hábil para reduzir e/ou evitar novos impactos;
- Desenvolver treinamento, por meio do Serviço de Medicina e Segurança do Trabalho, com os servidores no sentido de que os mesmos estejam capacitados para colaborar na ocorrência de algum dos eventos mencionados e na prevenção dos mesmos¹;
- Participar da elaboração e realização dos programas de treinamento e dos exercícios simulados;
- Acompanhar o cumprimento das normas de segurança interna;
- Inspecionar e avaliar as instalações do aterro quanto ao risco.

5.6. Atribuições do Coordenador do Plano de Contingência

- Coordenação geral das ações de resposta;
- Providenciar recursos (material e humano) de sua competência;
- Manter banco de dados atualizado contendo relação de tipos e quantidade de resíduos dispostos no aterro sanitário, bem como dados referentes às medidas de controle operacional;
- Assegurar-se da divulgação do Plano em todos os níveis hierárquicos;
- Acionar os órgãos oficiais;
- Manter contatos com autoridades do Poder Público;
- Indicar um porta-voz oficial, dentre os participantes do plano, para contato com a mídia;
- Participar dos programas de treinamento e dos exercícios simulados.

O Coordenador do Plano de Contingência deverá ter poder para deflagrá-lo sempre que verificar que as medidas tomadas não foram suficientes para gerenciar a situação.

5.7. Atribuições do Grupo Técnico

- Colaborar no planejamento das ações de resposta;
- Seguir as orientações do Coordenador do Plano;
- Seguir os procedimentos descritos para o cenário;
- Treinar equipe para atuação quando necessário;

¹ Este treinamento deverá incluir no mínimo: aspectos gerais de prevenção de acidentes; riscos inerentes às atividades; medidas a serem adotadas em caso de acidente; tipos de acidentes; atos e condições inseguras, comunicação de acidentes e; proteção individual e coletiva.

- Realizar treinamentos simulados;
- Auxiliar, no que for necessário, nas ações de combate;
- Após um incidente avaliar a participação do grupo;

5.8. Atribuições do Grupo de Apoio

- Colaborar no planejamento das ações de resposta;
- Seguir as orientações do Coordenador do Plano;
- Executar as atividades de infraestrutura de engenharia e manutenção;
- Executar as atividades de socorro médico;
- Executar as atividades de suprimento e transporte;
- Executar as atividades da guarda;
- Executar as atividades de comunicação interna e externa.

5.9. Atribuições da Defesa Civil

- Providenciar recursos (material e humano) de sua competência;
- Colocar de sobreaviso os órgãos de apoio técnico do Município e, se necessário, do Estado;
- Determinar e coordenar se necessário, os trabalhos de evacuação da população;
- Manter contatos com autoridades do Poder Público;
- Participar dos programas de treinamento e dos exercícios simulados.

5.10. Atribuições do Corpo de Bombeiros

- Atender ao chamado de emergência vindo da Coordenação ou de qualquer outra pessoa autorizada;
- Disponibilizar material e equipe própria para auxiliar no combate à emergência;
- Participar dos programas de treinamento e dos exercícios simulados.

5.11. Atribuições do Centro de Recursos Ambientais (CRA)

- Coordenar tecnicamente as ações de combate ao acidente;
- Manter a população informada sobre o evento;
- Avaliar, em conjunto com a Coordenadoria Geral de Defesa Civil e demais participantes do plano, as ações de combate adotadas ao longo do atendimento, visando sua maior eficiência;
- Determinar o destino dos resíduos deslizados;
- Documentar o acidente, por meio da elaboração de Relatório;
- Circular o relatório final do acidente entre os participantes do Plano;

- Estabelecer os recursos mínimos para o combate do acidente, para cada empresa participante, em função de suas características operacionais.
- Participar da elaboração e realização dos programas de treinamento e dos exercícios simulados.

5.12. Atribuições do Grupo de Atuação Direta

- Colaborar no planejamento das ações de resposta;
- Seguir as orientações do Coordenador do Plano;
- Seguir os procedimentos descritos para o cenário;
- Auxiliar, no que for necessário, nas ações de combate;
- Após um incidente avaliar a participação do grupo;
- Acompanhar o cumprimento das normas de segurança do trabalho.

5.13. Atribuições da Comunidade e Parceiros Envolvidos

- Identificar os acidentes ocorridos durante as operações no local e acionar equipe própria para combate ao evento;
- Acionar o Plano de Contingência quando necessário;
- Fornecer, às equipes de combate, orientação inicial quanto às medidas a serem adotadas;
- Manter o empreendedor, a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros e as empresas informadas sobre o andamento dos trabalhos, e as principais dificuldades encontradas para o controle da emergência, canalizando para essas entidades, todo o fluxo de entrada de informações;
- Dar suporte imediato ao atendimento da emergência, fornecendo os materiais e recursos humanos solicitados, colocados à disposição do plano;
- Participar, quando solicitada, dos serviços de limpeza das áreas afetadas;
- Participar da elaboração e realização dos programas de treinamento e dos exercícios simulados;
- Contabilizar os custos envolvidos.

5.14. Fluxograma de acionamento do PAE

A estratégia de atuação empregada em cada incidente deverá considerar, além das condições específicas do momento:

- Relação dos participantes do Plano;
- Fluxograma de Tomada de Decisão, estando previstos relatórios específicos para a mídia, durante a resposta ao incidente;
- Sistema de Comunicação do Plano;
- Estrutura de Coordenação de Resposta ao acidente;

- Recursos Mínimos Colocados à Disposição do Plano;
- Cenários de Possíveis Emergências das Empresas Envolvidas.

Conforme Figura 8.7, destaca-se o fluxograma de tomada de decisões, onde se prevê a definição das ações de resposta às situações emergenciais compatíveis com os cenários acidentais considerados, de acordo com os impactos esperados e avaliados no estudo de análise de riscos.

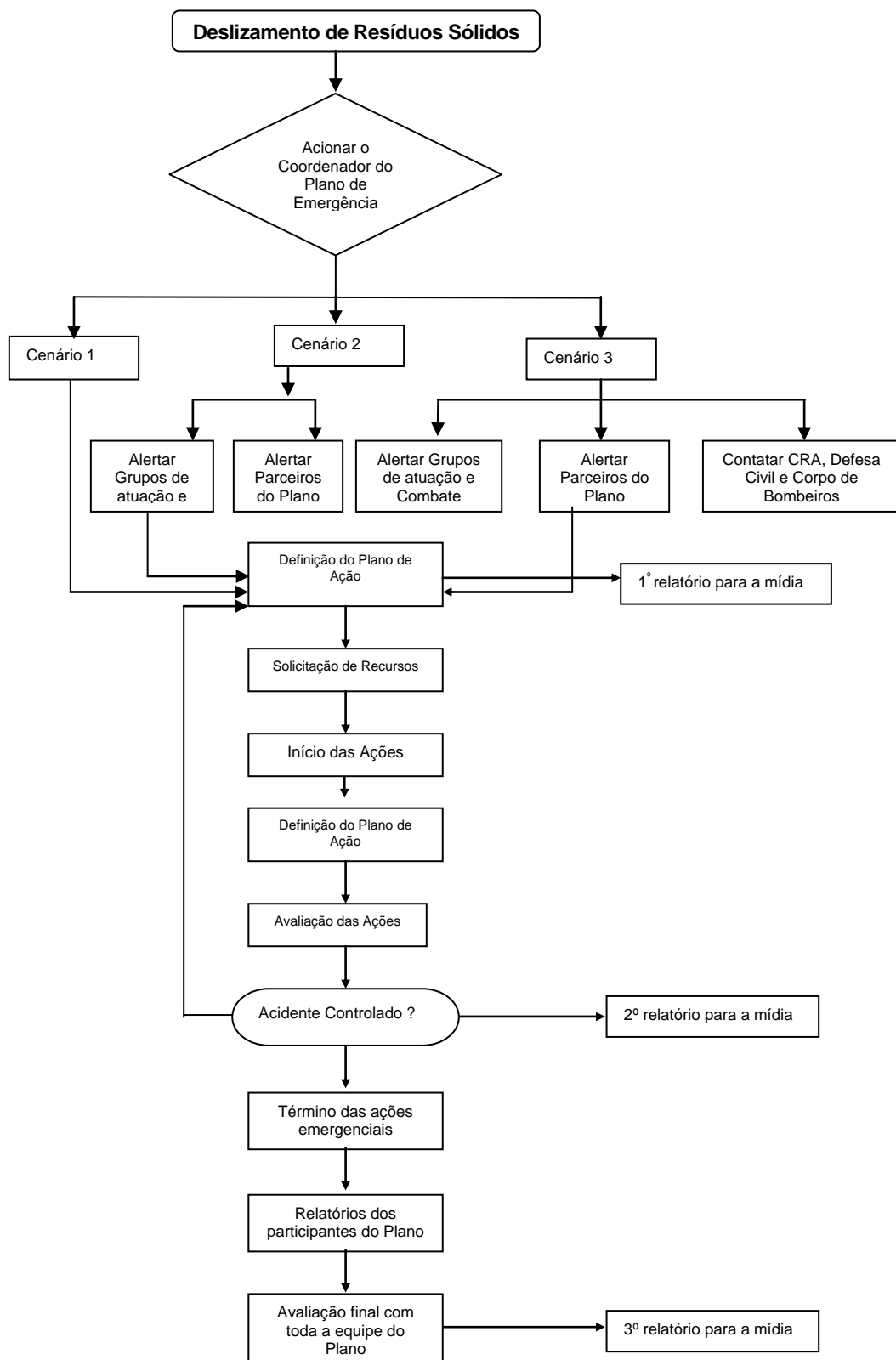


Figura 8.7 - Fluxograma de Tomada de Decisões (adaptado de CODEBA, 2001)

5.15. Recursos humanos e materiais

Os recursos humanos a serem alocados em uma situação de emergência, deverão ser agregados em grupos específicos, cada qual com sua função. Os grupos básicos que comporão as equipes de contingência são:

5.15.1 Inspeção e avaliação de riscos

Este grupo terá como missão inspecionar todas as instalações e avaliá-las quanto ao risco. Age como um fator preventivo. Este Grupo necessariamente deverá ser composto por técnicos envolvidos com a operação do aterro sanitário, técnicos da área de segurança do empreendimento e gerências envolvidas.

5.15.2 Operações

Este é o grupo que entrará em operação quando o escorregamento ocorrer, além de ter pré-determinada a função de manter atualizado o Plano e os meios necessários para a minimização do impacto, deverá ser composto por técnicos do aterro sanitário, um representante do Corpo de Bombeiros, um da Defesa Civil e um do setor de obras.

5.15.3 Preparação e apoio às operações

Este providenciará todo o apoio logístico, incluindo desde a manutenção, isolamento, recursos extras, reparos etc. Deverá ter a mesma composição do Grupo anterior, porém por técnicos diferentes.

5.15.4 Recursos móveis e remoção de bens

Tem por objetivo retirar da área afetada os bens materiais que puderem ser removidos, materiais prioritários para a empresa e documentos, caso haja. Este Grupo deve ser formado por trabalhadores que operam o aterro sanitário na função de auxiliares de frente de serviços e devem ser coordenados por um dos Encarregados do aterro.

5.15.5 Controle de pessoal

Este Grupo será o coordenador, orientando, sugerindo ou corrigindo condições inseguras. Necessariamente deverá ser composto por técnicos de nível superior e Gerentes envolvidos na operação do aterro sanitário e que tenham pleno conhecimento dos riscos e da gravidade do evento.

5.15.6 Assistência médica

Deverá ser composto por médicos, enfermeiros e auxiliares, além de elementos de Grupos de Resgate (caso haja vítimas graves), e estarão incumbidos de dar assistência médica às pessoas que necessitam em decorrência do acidente.

5.15.7 Suprimentos

Deverá este Grupo, providenciar a aquisição e entrega, em caráter de emergência, dos materiais que forem necessários ao atendimento dos trabalhos, bem como auxiliar o Grupo de apoio logístico, quanto à organização dos trabalhos.

5.15.8 Serviços internos

Este grupo irá colocar a disposição dos outros grupos, os veículos, motoristas, telefonistas, determinando prioridade de utilização de acordo com as necessidades e circunstâncias do desastre.

5.15.9 Comunicações

Ficará encarregado de dar apoio ou assistência aos atores envolvidos (polícia, corpo de bombeiros etc.), bem como avisá-los da ocorrência do evento. Caberá ainda a este grupo, divulgar notas oficiais sobre o acidente à imprensa e comunidades locais.

5.16. Treinamento

Devem ser realizados, periodicamente, treinamentos com os funcionários do aterro sanitário, em conjunto com outros Órgãos (Corpo de Bombeiros, Defesa Civil etc.), de forma a garantir que em uma situação de emergência, os mesmos saibam como proceder e auxiliar contingência.

Os treinamentos deverão ser aplicados para todos os cenários de risco capacitando os funcionários e coordenadores para a execução correta da atividade que oferece potencial perigo e conscientizando-o das consequências danosas que advirão de uma falha, assim como orientar as pessoas quanto aos procedimentos a serem observados.

Portanto, o treinamento pode ser caracterizado desde a simples conscientização, passando por qualificação no posto de trabalho até a preparação para atendimento a emergência (aplicação do Plano de Contingência) em função dos riscos envolvidos nas atividades.

5.17. Divulgação / Alerta / Comunicação

5.17.1. Finalidade

Estabelecer procedimentos para que sejam efetuadas comunicações confiáveis e seguras com

todas as entidades e equipes envolvidas em emergência decorrente dos eventos de deslizamento de resíduos no aterro sanitário.

5.17.2. Premissa

Este Plano será executado com os sistemas de comunicações existentes nas organizações envolvidas e no futuro com a aquisição de novos equipamentos de comunicações para atender o propósito do plano.

Para efeito deste Plano, é desejável que cada participante disponha de:

- 2 linhas telefônicas para contato regular com o Corpo de Bombeiros, com os controladores e coordenadores dos planos dos arrendatários e contatos externos, visando atender as necessidades logísticas da emergência;
- 1 máquina de fax para transmitir e receber informações;
- 2 rádios portáteis VHF-FM para transmitir e receber informações;
- 2 rádios portáteis VHF-FM para transmitir e receber informações do local do incidente (mais um conjunto de baterias sobressalentes para cada rádio).

No local escolhido pelo Coordenador do Plano de Emergência para ser a Central de Operações, deverá existir o máximo de informações relativas às empresas arrendatárias, suas atividades, bem como seus Planos de Emergência Individuais.

5.17.3. Métodos

A Tabela 8.9 apresenta um modelo de método de atendimento às solicitações de alerta, operações e exercícios, para um plano de comunicações do PAE.

Tabela 8.9 - Métodos de atendimento às solicitações de alerta, operações e exercícios

Método	Aplicação
Telefone	Todos os exercícios. Entre operadores, centro de controle e contatos externos.
Telefone celular	Entre avaliadores, controladores e centro de controle para relatório de situação.
Rádio	Entre operadores e controladores.
Fax	Centros de controle entre si e entre operadores.
Correio Eletrônico	Entre locais fisicamente separados da mesma organização.

5.17.4. Situação de alerta

O sistema de alerta, a ser definido na implantação do Plano, pode ser deflagrado por qualquer pessoa física ou jurídica, participante do presente Plano de Contingência, que venha a tomar conhecimento de alguma ocorrência que venha afetar o meio ambiente. A comunicação do acidente, entre os diversos participantes, está estruturada.

Acionado o plano, as ações de combate à emergência serão desencadeadas de acordo com as atribuições de cada participante e estrutura de coordenação de resposta ao incidente.

- Mesmo para situações de alerta, deverá ser informado com urgência o Coordenador do Plano. Este, dependendo da situação, poderá enviar mensagem de alerta para todas as instituições participantes do Plano de modo a prepará-las para, eventualmente, enfrentar uma situação emergencial;
- Para situações de contingência deverão ser utilizados telefones e faxes;
- Para situações emergenciais, deverá ser utilizado o canal VHF-FM, na frequência adotada no aterro sanitário.

Caso seja possível, o Corpo de Bombeiros deverá ser alertado pelos telefones constantes no catálogo.

5.17.5. Procedimentos de Comunicações

As comunicações devem ser claras e concisas. Em VHF-FM as palavras devem ser claramente pronunciadas para evitar repetições.

Usar a expressão “câmbio”, quando encerrar a mensagem VHF-FM e “câmbio final”, quando encerrar o assunto. Usar também “na escuta” para dizer que está atento ao canal.

5.17.6. Exercícios de Comunicações

A cada 30 dias, cada instituição deverá realizar um exercício interno de comunicação e a cada 60 dias será feito exercício de comunicação geral. Caso o exercício não apresente bons resultados, o Coordenador do Plano deverá propor a realização de novos exercícios.

O Coordenador elaborará um relatório, sucinto, de cada exercício realizado, distribuirá cópias aos participantes e promoverá reuniões de crítica.

5.17.7. Cronograma de execução do PAE

Na Tabela 8.10, sugere-se um modelo de cronograma para implantação e execução do PAE, para melhor controle e acompanhamento da implantação e execução das ações realizadas.

Tabela 8.10 - Modelo de cronograma de implantação e execução do PAE.

Modelo de Cronograma para execução do PAE				
Etapas	MESES			
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.
Nomear Coordenador Geral do PAE				
Providenciar recursos materiais e humanos				
Obter banco de dados atualizados de resíduos aterrados				
Promover reunião com representantes dos Órgãos envolvidos				
Divulgar o PAE em todos os níveis hierárquicos				
Treinamento com os profissionais envolvidos na aplicação do PAE				
Reunir com líder(es) comunitário(s) da(s) área(s) envolvida(s)				
Treinamento com o(s) líder(es) e voluntários da(s) área(s) afetada(s)				
Iniciar os exercícios simulados com a comunidade				
Indicar porta-voz oficial das ações do PAE				
Promover instruções com rotina de cada atividade/agente envolvido				
Nomear comissão interinstitucional				
Reavaliar o PAE				

9 ANEXO

9.1 ANEXO I - MODELO DE PLANO DE CONTINGÊNCIA E EMERGÊNCIA DE UM ATERRO SANITÁRIO DE GRANDE PORTE

O texto e tabelas a seguir, esboçam um modelo de plano de contingência e emergência de um aterro sanitário de grande porte, existente. O plano foi apresentado desta forma devido à necessidade de se preservar o nome da instituição colaboradora.

1. Apresentação

Este plano de contingência e emergência está focado no atendimento integralmente do que se preceituam as presentes instruções e todos os regulamentos e instruções de serviço concernentes a Segurança, Meio Ambiente e Saúde, vigentes do Aterro Sanitário.

Estas instruções foram elaboradas com o propósito de atender a legislação vigente no país, proteger os colaboradores e equipamentos da Empresa e de suas contratadas e evitar danos a terceiros, à comunidade e ao meio ambiente.

2. Objetivo

Este plano visa estabelecer uma estrutura de responsabilidade para tomada de decisão durante uma situação de contingência e emergência, que permitam agilizar as ações com eficácia em qualquer ponto do empreendimento, reduzindo o perigo potencial de lesões, mortes, danos à propriedade, ao meio ambiente e a toda coletividade.

Focaliza desenvolver ações em conjunto com os Órgãos Federais, Estaduais, Municipais e com a sociedade em geral, para adoção de medidas cabíveis no controle a emergência.

Tabela 9.1 - Orientação quanto aos riscos potenciais, medidas de controle e monitoramento, medidas de contingência e medidas de emergência

Riscos Potenciais	Medidas de Controle	Medida de Contingência	Medida de Emergência
A) Deslocamento ou desmoronamento de maciço/ lixo	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento topográfico do Aterro; - Levantamento topográfico dos marcos superficiais; - Inspeção visual: Identificação de trincas/ fissuras Identificação de recalques pontuais Vistoria nos sistemas de drenagem implantados. - Leituras dos níveis piezométricos -Leituras das pressões do interior do maciço; - Medição de gases (concentração, vazão e tipo); - Planejamento das linhas de drenagem de chorume e gás (tipos de drenos, locação e detalhamento); - Planejamento do avanço da frente de descarga; - Cobertura intermediária e final com terra e grama. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconformação geométrica; - Retaludamento; - Implantação de bermas de equilíbrio; - Recuo da célula; - Implantação de Novas linhas de drenagem (reforço); - Novas interligações nas linhas existentes; - Isolamento da área. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evacuação da área; - Acionar equipes internas responsáveis - Acionar as entidades e órgãos competentes (Municipais, Estaduais e Federais); - Paralisação temporária no recebimento de resíduos; - Avaliação dos riscos imediatos e futuros e Ações Corretivas e Mitigadoras.
B) Deslocamento nos taludes de fundação em solos residuais	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento topográfico do maciço; - Execução de sondagem prévia as escavações; - Drenagem/ condução das nascentes; - Investigação Geofísica; 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconformação; - Retaludamento; - Bermas de equilíbrio; - Novas linhas de drenagem (reforço); 	<ul style="list-style-type: none"> - Evacuação da área; - Acionar equipes internas responsáveis - Acionar as entidades e órgãos competentes (Municipais Estaduais e federais);
	<ul style="list-style-type: none"> - Proteção das encostas (Jateamento com hidrosemeadura); - Sistema de drenagem nas encostas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolamento da área. 	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação dos riscos imediatos e futuros e Ações Corretivas e Mitigadoras. - Paralisação temporária no recebimento de resíduos quando ocorrer interferência direta no processo de disposição.
C) Vazamento de gás proveniente das linhas de drenagem do aterro	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento do entorno do empreendimento com leitura do risco de explosão, através do equipamento tipo explosímetro; - Inspeção visual: Identificação de trincas/ fissuras Identificação de recalques pontuais Vistoria nos sistemas de drenagem implantados. - Planejamento das linhas de drenagem gás (tipos de drenos, locação e detalhamento); - Cobertura intermediária e final com terra e grama. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconformação; - Retaludamento; - Novas linhas de drenagem (reforço); - Interligação das linhas existentes; - Isolamento da área. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evacuação da área; - Acionar equipes internas responsáveis. - Acionar as entidades e órgãos competentes (Municipais Estaduais e Federais); - Avaliação dos riscos imediatos e futuros e Ações Corretivas e Mitigadoras. - Paralisação temporária no recebimento de resíduos quando ocorrer interferência direta no processo de disposição. - Utilização de exaustores em dutos escavados ou trincheiras que necessitem de interferência humana.

Tabela 9.1 - Orientação quanto aos riscos potenciais, medidas de controle e monitoramento, medidas de contingência e medidas de emergência (continuação)

Riscos Potenciais	Medidas de Controle	Medida de Contingência	Medida de Emergência
D) Vazamento de chorume	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de "Leiras" nos pés de talude de resíduo (diques de terra); - Medição das vazões e níveis de chorume (poços e lagoas); <ul style="list-style-type: none"> - Medição dos índices pluviométricos; - Existência de equipamento reserva para recalque; - Vistoria periódica e controle dos equipamentos de transporte de chorume (pesagem/ lacração/ tickets de remessa/ carimbo e assinatura da Entidade no ponto de recebimento); - Planejamento das linhas de drenagem de chorume (tipos de drenos, locação e detalhamento); 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconformação; - Retaludamento; - Novas linhas de drenagem (reforço); - Interligação das linhas existentes; - Utilização de geradores assegurando o funcionamento contínuo dos equipamentos de recalque; - Desvio e/ou Contenção nas linhas de drenagem de água pluvial na eventualidade de vazamento de chorume; - Substituição imediata dos equipamentos de recalque (bóias, sensores, mangotes, bombas e equipamentos elétricos) danificados; - Execução de diques de contenção para barrar o eventual encaminhamento de chorume para as linhas de drenagem pluviais; - Isolamento da área. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acionar equipes internas responsáveis. - Execução de diques de contenção no corpo de água a jusante do empreendimento. - Drenagem por bombeamento do líquido retido; - Comunicação aos órgãos de Controle Ambiental. - Avaliação dos riscos imediatos e futuros e Ações Corretivas e Mitigadoras. - Paralisação temporária no recebimento de resíduos quando ocorrer interferência direta no processo de disposição.
Riscos Potenciais	Medidas de Controle	Medida de Contingência	Medida de Emergência
E) Colisão e/ ou tombamento de veículos	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento das vias de acesso com especial atenção aos limites máximos de inclinação de rampa, raio de curvatura mínima, fluxo e direcionamento do tráfego; - Sinalização e iluminação dos acessos; - Manutenção constante das vias internas; - Divulgação das normas internas de procedimento e conduta através de informativos periódicos; - Vistoria periódica da frota de equipamentos; - Inspeção visual com identificação de trincas/ fissuras; 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de geradores assegurando fornecimento de energia para a iluminação dos acessos e pátios de manobra; - Isolamento da área e utilização de sinalização de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acionar equipes internas responsáveis. - Acionar as entidades e órgãos competentes (Municipais Estaduais e Federais); - Avaliação dos riscos imediatos e futuros e Ações Corretivas e Mitigadoras.
F) Acidente de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento e inspeção das áreas de risco; - Treinamento/ orientação periódicas das equipes; - Fornecimento de EPI (Equipamento de Proteção Individual); - Sinalização e iluminação das áreas de trabalho; - Utilização de máquinas, ferramentas e materiais adequados ao uso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atendimento de primeiros socorros; - Utilização de geradores assegurando fornecimento de energia e assim iluminação dos acessos, pátios de manobra, áreas de circulação e administrativas; - Isolamento da área e utilização de sinalização de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acionar equipes internas responsáveis. - Acionar as entidades e órgãos competentes (Municipais Estaduais e Federais); - Avaliação dos riscos imediatos e futuros e Ações Corretivas e Mitigadoras.

Tabela 9.1 - Orientação quanto aos riscos potenciais, medidas de controle e monitoramento, medidas de contingência e medidas de emergência (continuação)

Riscos Potenciais	Medidas de Controle	Medida de Contingência	Medida de Emergência
G) Vazamento de combustível	<ul style="list-style-type: none"> -Inspeção dos mecanismos de abastecimento; - Levantamento e inspeção das áreas de risco; - Treinamento/ orientação periódicas das equipes; - Fornecimento de EPI (Equipamento de Proteção Individual); - Sinalização e iluminação das áreas de trabalho; - Utilização de máquinas, ferramentas e materiais adequados ao uso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atendimento de primeiros socorros; - Isolamento da área e utilização de sinalização de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acionar brigada de emergência interna. - Evacuação da área. -Acionar as entidades e órgãos competentes (Municipais Estaduais e Federais); - Avaliação dos riscos imediatos e futuros e Ações Corretivas e Mitigadoras.

Tabela 9.2 - Resumo

Ocorrência	O que deve ser feito	Ordem de quem deve ser avisado	Quem deve fazer
A) Deslocamento ou desmoronamento de maciço/ lixo	Comunicar o fato imediatamente. Evacuar a área	<ul style="list-style-type: none"> - Encarregado - Brigadista/ Técnica de segurança - Gestor da Unidade 	-Vigilantes (Portaria 1)
B) Deslocamento nos taludes de fundação em solos residuais	Comunicar o fato imediatamente. Evacuar a área.	<ul style="list-style-type: none"> - Encarregado - Brigadistas/ Técnica de segurança - Gestor da Unidade 	-Vigilantes (Portaria 1)
C) Vazamento de gás proveniente das linhas de drenagem do aterro	Comunicar o fato imediatamente	<ul style="list-style-type: none"> - Encarregado - Brigadistas/ Técnica de segurança - Gestor da Unidade 	-Vigilantes (Portaria 1)
D) Vazamento de chorume	Comunicar o fato imediatamente	<ul style="list-style-type: none"> - Encarregado - Brigadistas/ Técnica de segurança - Gestor da Unidade 	-Vigilantes (Portaria 1)
E) Colisão e/ ou tombamento de veículos	Comunicar o fato imediatamente	<ul style="list-style-type: none"> - Encarregado - Brigadistas/ Técnica de segurança - Gestor da Unidade - Líder da coleta 	-Vigilantes (Portaria 1)
F) Acidente de trabalho	Comunicar o fato imediatamente	<ul style="list-style-type: none"> - Encarregado - Brigadista/ Técnica de Segurança - Superintendente de RH 	-Vigilantes (Portaria 1)
G)Vazamento de combustível	Comunicar o fato imediatamente. Evacuar a área	<ul style="list-style-type: none"> -Técnica de Segurança do Trabalho -Brigadistas. -Gestor da Unidade 	-Vigilantes (Portaria 1)

Tabela 9.3 - Quadro de contatos

Última atualização: ___/___/___

Responsável:

Empresa	Contato / telefone