



**Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)**

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 3

Atena
Editora
Ano 2020





**Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)**

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 3

Atena
Editora
Ano 2020



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Túllio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-910-3

DOI 10.22533/at.ed.103201301

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Túllio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga. III. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3” apresenta dezessete capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas em diversas áreas de engenharia, priorizando as áreas de ecologia, saneamento e saúde.

Nestes capítulos os autores utilizam a pesquisa científica para produzir conhecimento e inovação visando contribuir para bom uso de nossos recursos ambientais, cuidando da saúde de nosso planeta e dos que nele habitam.

A engenharia sendo usada para manejo de nossos mananciais, priorizando a exploração salutar de um de nossos maiores recursos naturais: a água.

A saúde da população sendo analisada pelo viés científico, a fim de orientar as políticas públicas na área.

Esperamos que o leitor faça bom uso das pesquisas aqui expostas e que estas possam embasar novos estudos na área. Boa Leitura!

Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A RELEVÂNCIA DA DISTÂNCIA FÍSICA DA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS NO SETOR JARDIM DAS PEROBEIRAS DE MINEIROS - GO	
Raffael de Carvalho Gonçalves Viviane Caldera Juliana Alves Burgo Godoi	
DOI 10.22533/at.ed.1032013011	
CAPÍTULO 2	5
ANÁLISE DOS REGISTROS DE ACIDENTES DE TRABALHO NA PREVIDÊNCIA SOCIAL EM JUAZEIRO DO NORTE NO PERÍODO DE 2008 A 2018	
Esdras Alex Freire de Oliveira Thays Lorranny da Silva Januário Correio José Gonçalves De Araújo Filho	
DOI 10.22533/at.ed.1032013012	
CAPÍTULO 3	27
CONTRIBUIÇÃO PARA O PROCESSO DE MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS	
Poliana Arruda Fajardo Nemésio Neves Batista Salvador	
DOI 10.22533/at.ed.1032013013	
CAPÍTULO 4	40
ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA AVALIAR A DISPONIBILIDADE DE UM RECURSO HÍDRICO SUBTERRÂNEO QUENTE NAS TERMAS DA AREOLA	
Pedro Jorge Coelho Ferreira Luis Manuel Ferreira Gomes Alcino Sousa Oliveira Rui Miguel Marques Moura José Martinho Lourenço	
DOI 10.22533/at.ed.1032013014	
CAPÍTULO 5	55
FERRAMENTAS DA GESTÃO NA QUALIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DOS SUÍNOS SOB SERVIÇO DE INSPEÇÃO MUNICIPAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUIS – MA	
Herlane de Olinda Vieira Barros Célia Maria da Silva Costa Viviane Correa Silva Coimbra Larissa Jaynne Sameneses de Oliveira Zaira de Jesus Barros Nascimento Michelle Lemos Vargens Hugo Napoleão Pires da Fonseca Filho Nathana Rodrigues Lima	
DOI 10.22533/at.ed.1032013015	

CAPÍTULO 6	61
GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ESTRATIFICADA POR TERRITÓRIOS DE DESENVOLVIMENTO EM MINAS GERAIS	
Denise Marília Bruschi Juliana Oliveira de Miranda Pacheco	
DOI 10.22533/at.ed.1032013016	
CAPÍTULO 7	77
LICENCIAMENTO AMBIENTAL - SISTEMA DE COLETA, MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DADOS AMBIENTAIS APLICADOS A FERROVIA	
Patricia Ruth Ribeiro Stefani Gabrieli Age Renata Twardowsky Ramalho	
DOI 10.22533/at.ed.1032013017	
CAPÍTULO 8	87
MODELAGEM COMPUTACIONAL DE PROCESSOS DE CONTAMINAÇÃO EM MEIOS POROSOS	
Marcelo Lemos da Silva Grazione de Souza Boy	
DOI 10.22533/at.ed.1032013018	
CAPÍTULO 9	101
MODELAGEM DE UM FERMENTADOR CILÍNDRICO PARA O CACAU	
Marcelo Bruno Chaves Franco Jorge Henrique de Oliveira Sales Rafaela Cristina Ferreira Brito	
DOI 10.22533/at.ed.1032013019	
CAPÍTULO 10	115
O NASCIMENTO DE UMA NOVA ÁGUA MINERAL PARA TERMALISMO E ASPETOS BÁSICOS PARA O ESTABELECIMENTO DE SUAS INDICAÇÕES TERAPÊUTICAS: O CASO DAS TERMAS DE SÃO MIGUEL EM PORTUGAL	
Luís Manuel Ferreira Gomes Luís José Andrade Pais Paulo Eduardo Maia de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.10320130110	
CAPÍTULO 11	129
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E CONSTITUINTES METÁLICOS NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE ECOSSISTEMA LÊNTICO	
Maria da Graça Vasconcelos Hugo Gomes Amaral Arthur Dias Freitas Angélica Pereira da Cunha Bruna Fernanda Faria Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.10320130111	

CAPÍTULO 12	140
PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO EM ÁREAS DEGRADADAS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁGUAS EMENDADAS – ESECAE, DISTRITO FEDERAL	
<p>Maria Goreth Goncalves Nobrega Henrique Cruvinel Borges Filho Vladimir de Alcântara Puntel Ferreira</p>	
DOI 10.22533/at.ed.10320130112	
CAPÍTULO 13	154
PROPOSTA DE BANCO DE ÁREAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE MATA CILIAR EM TRECHO DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, ESTADO DE SÃO PAULO.	
<p>Marcelo Bento Nascimento da Silva Ives Simões Arnone Hugo Portocarrero</p>	
DOI 10.22533/at.ed.10320130113	
CAPÍTULO 14	167
PURIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LACASES PRODUZIDAS POR <i>Pleurotus ostreatus</i> EM CULTIVO SÓLIDO	
<p>Juliana Cristina da Silveira Vieira Verônica Távilla Ferreira Silva Ezequiel Marcelino da Silva Adriane Maria Ferreira Milagres</p>	
DOI 10.22533/at.ed.10320130114	
CAPÍTULO 15	185
QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO DA CERÂMICA - CIDADE DA BEIRA, MOÇAMBIQUE	
<p>Albertina Amélia Alberto Nhavoto António Guerner Dias Daniel Agostinho Nivaldo Alfredo José Zandamela</p>	
DOI 10.22533/at.ed.10320130115	
CAPÍTULO 16	198
RECOMENDAÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA O MUNICÍPIO DE SINOP-MT	
<p>Emília Garcez da Luz Cristiane Rossato Candido Érika Fernanda Toledo Borges Leão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.10320130116	
CAPÍTULO 17	212
RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: COLETA E TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL	
<p>Marcela Avelina Bataghin Costa Fernando Antonio Bataghin Tatiane Fernandes Zambrano Rita de Cássica Arruda Fajardo</p>	
DOI 10.22533/at.ed.10320130117	

CAPÍTULO 18	226
USO DE GEOCÉLULA PEAD E GABIÃO TIPO COLCHÃO COMO REVESTIMENTOS DE CANAIS PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS DE REJEITO	
Rafael Freitas Rodrigues	
Michel Moreira Morandini Fontes	
João Augusto de Souza Pinto	
Luiz Henrique Resende de Pádua	
Luany Maria de Oliveira	
Cristian Chacon Quispe	
DOI 10.22533/at.ed.10320130118	
SOBRE OS ORGANIZADORES	237
ÍNDICE REMISSIVO	238

USO DE GEOCÉLULA PEAD E GABIÃO TIPO COLCHÃO COMO REVESTIMENTOS DE CANAIS PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS DE REJEITO

Data de aceite: 02/12/2019

Data de submissão: 10/10/2019

Rafael Freitas Rodrigues

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/9335860956839958>

Michel Moreira Morandini Fontes

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/9183479256635857>

João Augusto de Souza Pinto

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/4428699934157036>

Luiz Henrique Resende de Pádua

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/7276807644332876>

Luany Maria de Oliveira

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

Cristian Chacon Quispe

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte - MG

RESUMO: O presente artigo destina-se à apresentação dos principais aspectos relacionados ao uso de gabiões do tipo colchão

e sistemas compostos por geocélulas em PEAD e tensores multidirecionais, como alternativas para revestimentos de canais de drenagem aplicados em obras de descaracterização de barragens de rejeito/sedimentos. Buscou-se abordar as principais vantagens atribuídas ao uso dessas soluções em relação aos revestimentos convencionais, tendo por base revisão bibliográfica e a experiência prática adquirida pela empresa Fonntes Geotécnica no desenvolvimento de projetos desta natureza. A utilização destes revestimentos tem se mostrado como solução tecnicamente viável principalmente pela fácil adaptação às condições locais de implantação, à resistência atribuída à ação do escoamento, a aceitabilidade às deformações do solo de base, além da praticidade de execução e redução de custos finais de obra quando comparadas aos demais revestimentos usualmente utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Descaracterização, geocélula, gabião, canais, drenagem, barragem de rejeito

USE OF GEOCELLS AND GABIONS AS CHANNEL COATINGS FOR DECARACTERIZATION OF WASTE DAMS

ABSTRACT: This paper presents the main aspects related to the use of gabions and systems composed by PEAD geocells and

multidirectional tensors, as alternatives for drainage channel coverings applied in tailings dam decharacterization works. We sought to address the main advantages attributed to the use of these solutions over conventional coverings, based on literature review and practical experience acquired by the company Fonntes Geotécnica in the development of projects of this nature. The use of these coverings has proven to be a technically viable solution, mainly due to their easy adaptation to the local implantation conditions, greater resistance to the flow effects, the acceptability to the base soil deformations, as well as the practicality of execution and reduction of final construction costs compared to other commonly used coverings.

KEYWORDS: Decharacterization, geocell, gabion, channels, drainage, tailings dam

1 | INTRODUÇÃO

As recentes mudanças referentes à legislação, fiscalização e gestão de barragens de rejeitos de mineração, têm demandado cada vez mais o desenvolvimento de estudos e projetos de descaracterizações e descomissionamentos de barragens de rejeitos/sedimentos, por parte das mineradoras. Tais mudanças refletem uma resposta dos agentes fiscalizadores e legisladores frente aos recentes acidentes envolvendo barragens de rejeitos, promovendo, desta forma, revisões de diretrizes construtivas e operacionais, favorecendo maior segurança estrutural e hidráulica dos empreendimentos em operação, e maior rigor técnico para os novos empreendimentos.

Como consequência, com a imposição de exigências e aspectos legais cada vez mais restritivos, os empreendedores têm buscado alternativas técnica e economicamente viáveis de disposição de seus resíduos, no sentido de reduzir seus custos operacionais.

O aumento da demanda por soluções de engenharia que sejam cada vez mais funcionais e eficazes, impulsiona a busca por melhores performances e, como consequência, os produtos de engenharia vêm sofrendo constante evolução para se tornarem mais resistentes, econômicos e duráveis.

Uma das soluções comumente utilizadas para a descaracterização de barragens consiste na eliminação da capacidade de reserva da estrutura e implantação de canais de drenagem que conduzam as vazões afluentes para jusante da estrutura.

Para a definição da descaracterização de um sistema de disposição de rejeitos, é necessário à realização de estudos hidrológicos, hidráulicos, geológicos e geotécnicos. Estes estudos consistem na definição e dimensionamento do canal superficial, avaliação da fundação para implantação do canal por meio de mapeamento superficial de campo, reavaliação dos furos de sondagens existentes na área; avaliação da instrumentação instalada e análises de estabilidade da estrutura remanescente.

É neste cenário que o gabião tipo colchão e composição de geocélulas e

tensores multidirecionais em PEAD tornam-se uma alternativa altamente atrativas para projetos de condução e/ou drenagem quando comparados aos demais revestimentos, especificamente o concreto armado. Em geral, tais revestimentos apresentam vantagens relacionadas à maior aceitabilidade de deformações, maior celeridade na execução da obra e menores custos de implantação quando comparados ao concreto armado convencional, podendo apresentar significativa redução de custos.

Deste modo, este artigo tem por objetivo apresentar os aspectos da utilização destas tecnologias como alternativas de revestimentos de canais de drenagem superficial, destacando as vantagens relacionadas ao uso destas soluções em comparação com revestimentos convencionais de concreto armado ou pedra argamassada, tendo como foco sua aplicabilidade em projetos de descaracterização de barragens de rejeito/sedimentos em mineração, conforme estudos e trabalhos desenvolvidos pela empresa Fontes Geotécnica.

2 | DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGEM DE REJEITO

2.1 Definição

Tomados como premissas no desenvolvimento de estudos de descaracterização, os critérios e definições estabelecidos pelas principais leis e normas regulamentadoras atualmente em vigência no Brasil trazem as seguintes definições:

- ✓ Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 (Política Nacional de Segurança de Barragens):

“(…) I - barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II-reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos.”;

- ✓ Portaria nº 70.389 de 17 de maio de 2017 (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM):

“(…)II - Barragens de Mineração: barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizados em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas (...)

VIII. Barragem de mineração descaracterizada: aquela que não opera como estrutura

de contenção de sedimentos e/ou rejeitos, não possuindo mais características de barragem de mineração sendo destinada à outra finalidade;

IX. Barragem de mineração inativa ou desativada: estrutura que não está recebendo aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim mantendo-se com características de uma barragem de mineração;”

✓ Norma Técnica ABNT/NBR 13.028:2017:

“(…) 3.11 reservatório: Espaço criado a montante da barragem, destinado à contenção de rejeitos, sedimentos e/ou reservação de água. (…)

3.17 desativações de barragem: suspensão da operação temporária ou definitivamente, quando a estrutura não está recebendo aporte de rejeitos e/ou sedimentos.”

De acordo com Sánchez et al (2013), a descaracterização é um termo que vem sendo utilizado para designar intervenções em barragens de rejeitos tornadas disfuncionais devido ao esgotamento de sua capacidade de armazenamento. Envolvendo principalmente medidas de controle do escoamento de águas superficiais, uma estrutura é descaracterizada como barragem, sendo transformada em uma feição integrada ao relevo do entorno. Esta alternativa de uso pós-fechamento se contrapõe à alternativa clássica de desativação mantendo as barragens como obras de engenharia funcionais, desde que as estruturas de extravasão fossem habilitadas para o trânsito de cheias decamilenares. A Tabela 1 a seguir, apresenta uma síntese dos principais critérios utilizados no desenvolvimento de projetos de barragens no que diz respeito a extravasão e drenagem.

Cenários	Reservação	Tempo de retorno (anos) *	Estrutura de drenagem
Operação	Sim	500 a 10.000	Extravasor
Desativação	Sim	10.000	Extravasor
Descaracterização	Não	500	Canais de Drenagem

(*) Valores estipulados conforme NBR 13028/2017 associado a estrutura de drenagem/extravasor

Tabela 1. Cenários e tempo de retorno associados

2.2 Soluções para descaracterização

Neste contexto, de acordo com conceitos e premissas normativas pontuadas no item anterior, o desenvolvimento de estudos e projetos de descaracterização de uma barragem de reservação de rejeitos/sedimentos tem por principal objetivo eliminar a capacidade de reservação de água, sedimentos e resíduos em seu reservatório. Para tanto, dispõe de soluções como e etapas construtivas visando principalmente:

Eliminação do reservatório por meio de com preenchimento de volume residual com estéril/solo/rejeito e/ou o desmonte parcial do maciço eliminando a capacidade

de amortecimento de cheias críticas;

Canalização dos afluentes de montante por meio da implantação de um canal de drenagem superficial, central ou periférico, a depender das condições de contorno e fundação observado em campo. Na maioria dos casos, o canal pode desaguar no antigo sistema extravasor do reservatório, passando esse a compor canal de drenagem periférica;

Avaliação da estabilidade estrutural do maciço remanescente.

3 | REVESTIMENTO DE CANAIS

O critério técnico para definição do tipo de revestimento a ser empregado em canais de drenagem e dá em função do tipo de obra e das condições de suporte e deformabilidade do solo/sedimento/rejeitos no qual será assentada a estrutura. A escolha do tipo de revestimento visa o direcionamento do escoamento por estrutura que melhor se ajusta às condições de campo consorciada à verificação de parâmetros de velocidade de escoamento, tensão de arraste, inclinação do talude, coeficiente de rugosidade, seção hidráulica admitida e as condições para a verificação da sua estabilidade frente à ação do escoamento. Deve-se considerar sempre na definição da solução mais adequada as características exigidas de permeabilidade, robustez, flexibilidade, rugosidade, durabilidade e economia e, entre elas, adotar a que proporcionar maior benefício e segurança.

Apresenta-se a seguir uma síntese das principais características que do sistema de geocélulas em PEAD consorciadas com tensores multidirecionais (Sistema TECWEB® ou similar) e dos gabiões do tipo colchão (Colchão Reno® ou similar), os quais têm se apresentado como opções atrativas para uso em revestimentos de canais de drenagem, no contexto da descaracterização de barragens.

3.1 Geocélulas

A geocélula é definida como uma estrutura polimérica tridimensional, permeável, em forma de “colmeia de abelha” ou similar, produzida a partir de tiras de geossintéticos ligadas entre si. Essas aberturas são preenchidas com solo, areia, brita, solo cimento, concreto ou material local que proporcionam o aumento da capacidade de suporte do solo, uma vez que absorvem parte das tensões dos carregamentos impostos à superfície e os redistribuem às camadas adjacentes com menor intensidade (Avessani Neto e Bueno, 2010).

As geocélulas podem ser aplicadas como soluções de revestimento para diferentes fins como, revestimento de canais ou mesmo para estabilização superficial de taludes, construções de acessos sobre solos moles, substituição de concreto lançado em solos grampeados, ou construções de muro de arrimo. Na Figura 1 é

apresentado um exemplo de aplicação da geocélula para revestimento de canais.



Figura 1 – Revestimento de canais utilizando geocélula. Fonte: TDM.

3.1.1 Propriedades Relevantes

Encontra-se hoje disponível no mercado uma vasta gama de modelos de geocélulas. Estas podem diferir quanto ao material composto, tipo de solda das tiras, formato, dimensões das células-abertura e relação da forma, gramatura, espessura nominal da parede, texturização, porcentagem de área aberta e dimensões dos painéis. Tais características variam de modo geral em função dos parâmetros hidráulicos de projeto relacionados ao escoamento, como: velocidade máxima permissível, altura da lâmina de água, tensão de arraste, tensão de cisalhamento e resistência à tração.

A seguir são descritas as principais propriedades físicas, mecânicas, hidráulicas, e químicas das geocélulas em PEAD. Ressalta-se que foi utilizado como fonte informações disponibilizadas pelos principais fornecedores desse tipo de produto.

3.1.2 Velocidades Admissíveis

As geocélulas podem ser utilizadas em diferentes situações visto sua grande capacidade de adequação e suporte às velocidades de escoamento. Para especificação das mesmas, primeiramente é feita uma análise comparativa entre as velocidades de projeto do canal frente às velocidades admissíveis da geocélula. Estas que podem ser visualizadas na Figura 2.

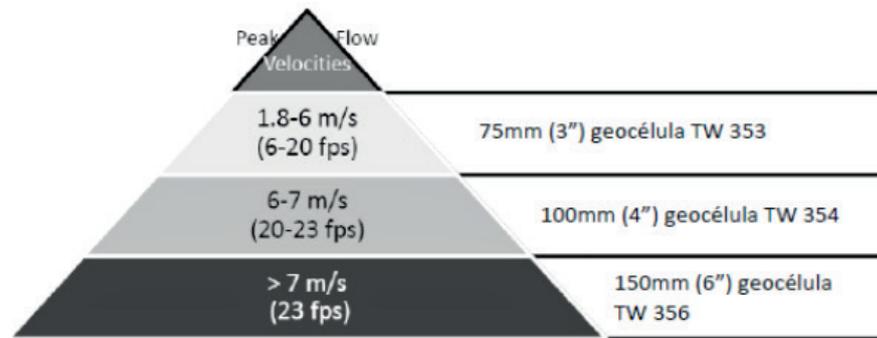


Figura 2 – Velocidades admissíveis para geocélula. Fonte: TDM.

Conforme pode ser percebido pela Figura 2, existem três tipos básicos de geocélula disponíveis, diferenciadas pela sua altura, 75 mm, 100 mm e 150 mm. A variação da altura reflete diretamente sobre a capacidade de suporte do sistema contra às velocidades de escoamento.

Para o caso de velocidades elevadas, superiores a 3,00 m/s, em geral, as geocélulas são preenchidas em concreto, gerando assim um sistema mais resistente às tensões de cisalhamento e arraste. Como referência a esse tipo de preenchimento, podem ser encontrados estudos que direcionam sobre o tipo de concreto a ser utilizado, frente a velocidade de escoamento de projeto. A exemplo, é mostrado na Tabela 2 a resistência necessária do concreto versus a velocidade máxima admissível quando utilizado em conjunto com a geocélula.

Na Tabela 2, é possível perceber uma grande possibilidade de uso para o sistema geocélula preenchida em concreto, visto poder ser utilizado em casos de velocidades próximas a 20 m/s, velocidades essas em geral encontradas somente em sistemas de drenagem de grandes barragens.

Material	Velocidade máxima Admissível (m/s)
Concreto 17 MPa	6
Concreto 20 MPa	10
Concreto 28 MPa	15
Concreto 35 MPa	20

Fonte: TDM

Tabela 2. Velocidades máximas admissíveis em canais revestidos em geocélulas preenchidas em concreto.

3.1.3 Tensor Multidirecional

Como complementação ao sistema composto por geocélula preenchida por concreto, pode-se ainda utilizar-se tensores multidirecionais. Estes, são materiais elaborados a partir de lâminas de resinas de polipropileno, perfuradas e estiradas uniformemente em três direções formando uma espécie de malha, acoplados as

geocélulas por meio de um sistema de amarração

Esses tensores visam integrar mecanicamente o sistema em geocélula e garantir um comportamento monolítico, assim como sua estabilidade quando submetido às cargas e esforços de cisalhamento do projeto. Dessa forma, eliminam a necessidade de uso de estacas ao longo do canal para fixação do sistema, suportando assim todo o peso da cobertura, redistribuindo de maneira uniforme as tensões e esforços atuantes.

3.2 Gabião tipo colchão

Os gabiões tipo colchão (Colchão Reno® ou similar) são utilizados para revestir, proteger e estabilizar canais e margens de córregos e rios. São caixas de telas metálicas, revestidas ou não, com enchimento de pedras de mão, semelhantes a um gabião. Na Figura 3 é mostrado um exemplo desse tipo de revestimento.



Figura 3 – Modelo Colchão Reno®. Fonte: Maccaferri.

O gabião tipo colchão é uma estrutura metálica, formada por elementos prismáticos retangulares, de comprimento e largura de grandezas superiores à espessura, confeccionados com malha hexagonal de dupla torção, produzida a partir de arames de aço de baixo teor de carbono, revestidos com ligas metálicas de longa vida útil e revestimento polimérico adicional.

É constituído por uma armação única que forma a base, as paredes laterais e o diafragma, que são as paredes internas, conforme Figura 4.

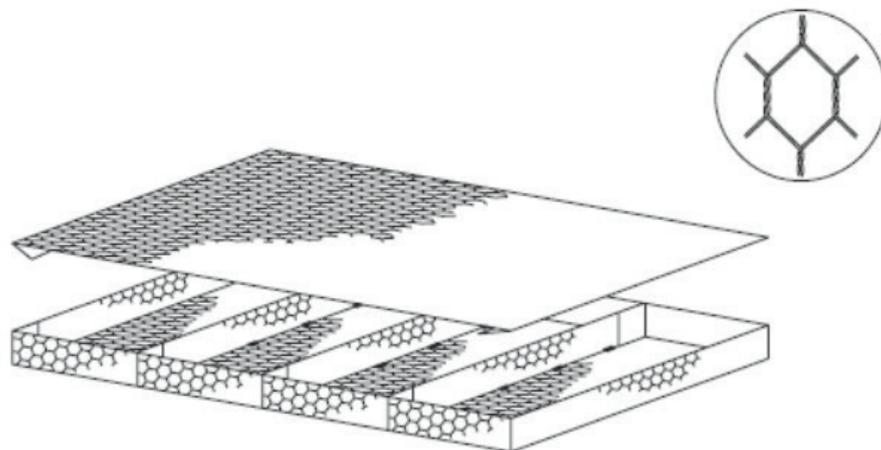


Figura 4 – Armação Gabião tipo Colchão Reno®. Fonte: Maccaferri.

Nas extremidades da armadura, há cortes que indicam os pontos de dobra para fechamento. Esta armação é preenchida com pedras de diâmetro adequadas a dimensão da malha hexagonal. A parte superior do colchão recebe uma tela que serve como tampa. O gabião tipo colchão possui dimensões padrões, com largura de 1,00 m; altura de 0,23 m e 1,00 m e comprimento de 1,50 m; 2,00 m; 3,00 m; 4,00 m e 5,00 m.

3.2.1 Propriedades Relevantes

A Tabela 3 a seguir, apresenta as principais propriedades: mecânicas e físicas, durabilidade dimensionais, revestimento e resistência do gabião tipo colchão (Colchão Reno® ou similar).

Percebe-se pela Tabela 3 a ampla gama de utilidades possíveis para canais revestidos em gabião do tipo colchão, baseado na elevada capacidade de resistência às tensões de arraste do escoamento. Ressalta-se a velocidade admissível para a espessura de 0,30 m, de 5,00 m/s, velocidade essa utilizada em situações mais extremas, equivalente a velocidades admissíveis para revestimento em concreto armado ou materiais em concreto pré-fabricado, conforme (Pinheiro, 2011).

Espessura (m)	Pedras de Enchimento		Velocidade máxima Admissível (m/s)
	Dimensões (mm)	d_{50} (m)	
0,17	70 a 100	0,085	4,2
	70 a 150	0,11	4,5
0,23	70 a 100	0,085	4,5
	70 a 150	0,11	4,9
0,3	70 a 120	0,1	4,7
	100 a 150	0,125	5

Fonte: Maccaferri

Tabela 3. Velocidades máximas admissíveis em canais revestidos com Colchão Reno®.

Pode-se citar ainda algumas de suas características físicas básicas, conforme informação fornecida pela Maccaferri, mostradas nas Tabelas 4 a seguir.

Espessura (m)	Pedras de Enchimento		Velocidade máxima Admissível (m/s)
	Dimensões (mm)	d ₅₀ (m)	
0,17	70 a 100	0,085	4,2
	70 a 150	0,11	4,5
0,23	70 a 100	0,085	4,5
	70 a 150	0,11	4,9
0,3	70 a 120	0,1	4,7
	100 a 150	0,125	5

Fonte: Maccaferri

Tabela 4. Propriedades mecânicas e físicas do sistema Colchão Reno®.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente a todo o exposto, relativo aos diferentes tipos de revestimento possíveis para canais, conclui-se que ambas as opções demonstradas se configuram como excelentes opções disponíveis no mercado, variando somente ao tipo de aplicação. Mais especificamente, percebeu-se que para velocidades de até 5,0 m/s de escoamento, ambos os sistemas se adequam muito bem ao proposto, com características físicas seguras, que superam os parâmetros requeridos.

Ainda em relação às velocidades de escoamento, percebeu-se a possibilidade de utilização do sistema composto por geocélula preenchida por concreto para velocidades de até 20 m/s, situações até então possíveis somente com a utilização de concreto armado de alta resistência, que em geral, vinculam-se a elevados custos de implantação.

Estes revestimentos constituem-se por elementos flexíveis, permitindo a criação de um conjunto monolítico de fácil e rápida execução, acelerando o cronograma construtivo da obra, proporcionando a redução de mão-de-obra durante a instalação, eliminando a necessidade de elementos estruturais complicados e onerosos que impactam os custos globais da obra, a depender dos locais de implantação.

Vale destacar, no entanto, que o emprego dessa tecnologia deve ser subsidiado por investigações geológico-geotécnicas prévias que permitam uma análise criteriosa e detalhada da fundação, com intuito de se estabelecer tratamentos prévios, caso necessários, que permita minimizar ou controlar as deformações dentro das faixas aceitáveis para cada revestimento, favorecendo o desempenho técnico e efetividade da solução ao longo de sua vida útil.

Por fim, em relação aos projetos de descaracterização de barragens, apesar da relevância do tema, observa-se a necessidade de legislação e normas específicas

que possam melhor estabelecer critérios e diretrizes que para o desenvolvimento de estudos e projetos.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à empresa Fontes Geotécnica pela oportunidade concedida e disponibilidade de dados que permitiram o desenvolvimento do trabalho, incentivando a busca contínua de conhecimento e o aperfeiçoamento da capacidade técnica de seus colaboradores.

Agradecimento às empresas Maccaferri e TDM pelo apoio e parceria no desenvolvimento de estudos e projetos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT (2017). NBR 13.028 – Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção e Sedimentos e Reservação de Água.** Rio de Janeiro.

AVESANI NETO, Jose Orlando.; Bueno, B. de S. (2010) **Capacidade de carga de solos reforçados com geocélula**, COBRANSEG 2010: Engenharia Geotécnica para o desenvolvimento, inovação e sustentabilidade.

BRASIL. **Decreto-lei nº 12.334 de 20 setembro de 2010. Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)**, Brasília, DF.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Portaria Nº 70.389/2017, de 17 de maio de 2017. Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens.**

PINHEIRO; Mario Cicareli (2011). **Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração.** ABRH. Porto Alegre, 308p.

SÁNCHEZ, Luis Enrique.; SILVA-SÁNCHEZ, Solange Santos.; NERI, Ana Claudia (2013). **Guia para o Planejamento do Fechamento de Mina.** Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 224p.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Lucio Mauro Braga Machado - Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando na área de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes de trabalho 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 25, 26

Água 33, 34, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 54, 58, 87, 88, 89, 91, 93, 97, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 146, 150, 156, 157, 170, 171, 173, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 209, 210, 217, 218, 222, 228, 229, 231, 236

Águas sulfúreas quentes 40

Água subterrânea 115, 123, 186, 188, 194, 197

Aquíferos 45, 47, 48, 49, 87, 88, 89, 90, 97, 99, 185, 196

Áreas de preservação permanente 155, 158

Arquitetura bioclimática 198, 209

Arquivos climáticos 198, 202, 210, 211

Avaliação de impacto ambiental 27, 28, 38, 39

B

Barragem de rejeito 226, 228

C

Cacau 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 113, 114

Canais 226, 227, 228, 230, 231, 232, 233, 234, 235

Casca de arroz 167, 170, 173, 174, 182

Clandestino 55, 58

Coleta 1, 4, 7, 14, 15, 27, 29, 36, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 132, 134, 135, 138, 212, 214, 215, 220, 221, 224

Contaminação 29, 58, 87, 88, 89, 90, 97, 99, 137, 185, 186, 187, 188, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 224

Contaminação por coliformes 186, 193, 195

D

Dados meteorológicos 198, 199, 202

Descaracterização 226, 227, 228, 229, 230, 235

Destinação de resíduos 61

Drenagem 48, 79, 85, 129, 226, 227, 228, 229, 230, 232

E

Ecossistema aquático 130

Enzimas lignolíticas 167

Estação de tratamento de esgotos sanitários 27, 39

Estresse hídrico 140, 150, 151

F

Farelo de cereais 167

Fermentador 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113

G

Gabião 226, 227, 233, 234

Geocélula 226, 230, 231, 232, 233, 235, 236

Gestão de resíduos sólidos urbanos 61, 75

I

Impactos ambientais 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 77, 78

Inspeção 55, 57, 58, 59, 88

L

Licenciamento ambiental 27, 28, 29, 30, 33, 66, 74, 76, 77, 78, 215

M

Matas ciliares 147, 155, 156

Meda 40, 41, 42, 43, 44, 54

Metais dissolvidos 129, 130, 131, 135

Método de diferenças finitas 87, 94

Minas gerais 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 74, 75, 76, 226

Modelagem computacional 87, 101

Monitoramento ambiental 27, 29, 36, 37, 38

Mudas 140, 142, 144, 145, 148, 149, 150, 151, 160, 164, 165

O

Origem da contaminação 186

P

Poços de captação 186

Política de resíduos sólidos 61

Previdência social 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 25

R

Recuperação de áreas degradadas 140, 141, 142, 144, 145, 148, 152, 153, 155, 165

Resíduos de serviços de saúde 212, 213, 214, 215, 219, 223, 224, 225

Restauração ecológica 140, 142

Restauração florestal 154, 155, 159, 160, 161, 163, 164

S

Saúde do trabalhador 5, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 21, 24, 25

Sedimentos 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 156, 226, 227, 228, 229, 236

Simulação numérica 87, 99
Sistema aquífero profundo 40
Sistema de informações geográficas 77, 155
Suíno 55, 56, 58

T

Taxa de sobrevivência 140, 151
Termas da areola 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 54
Territórios de desenvolvimento 61, 63, 64, 65, 66, 74
Transferência de calor 101, 103, 110, 111, 114
Tratamento 1, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 58, 62, 75, 81, 84, 89, 125, 126, 135, 137, 143, 170, 188, 194, 197, 201, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224

U

Unidade de conservação 140, 143

