



48º

**CONGRESSO NACIONAL
DE SANEAMENTO DA ASSEMAE**

ALTERNATIVAS DE FINANCIAMENTOS
PARA O SANEAMENTO PÚBLICO

27 A 30 DE MAIO DE 2018 | FORTALEZA - CE

ISBN 978-85-99947-21-0

ANAIS



Associação Nacional
dos Serviços Municipais
de Saneamento



Sobre a ASSEMAE

A Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – Assemae é uma organização não governamental, criada em 1984, com objetivo de congregar, representar e apoiar os municípios brasileiros responsáveis pela gestão dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Fortalecida por seus quase dois mil municípios associados, a entidade possui reconhecimento nacional e internacional, com destaque para a conquista do Prêmio Lúcio Costa em 2017, uma das mais importantes honrarias concedidas pela Câmara dos Deputados.

A Assemae tem como principal bandeira de atuação o modelo de saneamento público em que o município é o verdadeiro protagonista da política, valorizando as ações de planejamento, regulação, controle social e sustentabilidade dos serviços. Entre as atividades de atuação da Assemae, destacam-se a realização de eventos nacionais e regionais para debater o panorama do saneamento básico no Brasil, a oferta de capacitações técnicas aos associados, o acompanhamento de projetos de leis no Congresso Nacional, a interlocução com os órgãos federais em apoio aos municípios, a promoção de cooperação técnica entre os associados, e a constante luta pela gestão pública eficiente do saneamento básico.

Saiba mais: www.assemae.org.br

Aparecido Hojaij
Presidente da Assemae



Apresentação da 22ª EEMS

A Exposição de Experiências Municipais em Saneamento (EEMS) integra a programação de atividades dos Congressos Nacionais de Saneamento realizados anualmente pela Assemae. A Exposição é composta por apresentações de trabalhos técnicos orais e em pôsteres, incluindo os diferentes temas que envolvem a gestão do setor de saneamento básico.

Com a apresentação de trabalhos técnicos, a Assemae pretende promover a troca de conhecimento entre os municípios, além de incentivar a prática de novos processos e tecnologias para a melhor gestão dos serviços públicos de saneamento básico. Ao longo de 22 edições da EEMS, já foram apresentados quase dois mil trabalhos técnicos,, incluindo experiências de todas as cinco regiões do Brasil.

Site: <http://sistema.trabalhosassemae.com.br/>

Aparecido Hojaij
Presidente da Assemae

Paulo Sérgio Scalize
Coordenador da 22ª EEMS



Comissão Científica

Avaliador

Adilson Ben da Costa
Adjane Damasceno de Oliveira
Andreia Cristina Fonseca Alves
Antonio Albuquerque
Antonio Carlos de Azevedo Lobão
Arnaldo Sarti
Aurélio Picanço
Carlos Henrique de Melo
Cláudio Antônio Andrade Lima
Dieter Wartchow
Dirceu Scaratti
Elaine Franciely dos Santos Barros
Eraldo Henriques de Carvalho
Francisco Javier Cuba Teran
Geraldo Basílio Sobrinho
Germán Sanz Lobón
Hermelinda Maria Rocha Ferreira
Humberto Carlos Ruggeri Junior
Joel Roberto Guimarães Vasco
Jorge Luiz da Paixão Filho
José Vicente Granato de Araújo
Júlio César Teixeira
Jussanã Milograna
Karla Alcione Cruvinel
karla Emmanuela Ribeiro Hora
Katia Alcione Kopp
Katia Sakihama Ventura
Klebber Teodomiro Formiga
Lafayette Dantas da Luz
Léo Fernandes Ávila
Liliane Coelho de Carvalho
Luana Mattos de Oliveira Cruz
Luiz Roberto Santos Moraes
Marcus André Siqueira Campos
Marcus Cesar Avezum Alves de Castro
Maria Teresa Chenaud Sá de Oliveira
Mariana Rodrigues Ribeiro dos Santos
Nilson Clementino Ferreira
Nolan Ribeiro Bezerra
Nora Katia Saavedra
Osmar Mendes Ferreira
Oyana Rodrigues Santos
Patrícia Campos Borja
Paulo Vaz Filho
Paulo Sérgio Scalize
Poliana Nascimento Arruda
Rafaella Oliveira Baracho
Renata Medici Frayne Cuba
Renavan Andrade Sobrinho
Ricardo Reis
Ricardo Valadão de Carvalho
Roberta Vieira Nunes Pinheiro
Roberto Araujo Bezerra
Rodrigo Moruzzi
Rogério de Araújo Almeida
Rosana Gonçalves Barros
Samara Silva Soares
Saulo Bruno Silveira e Souza
Sívio Fagundes de Sousa Junior
Sívio Roberto Orrico
Simone Costa Pfeiffer
Tsunao Matsumoto
Wellington Cyro de Almeida Leite

Instituição

UNISC
PUC Goiás
UFG
Universidade da Beira Interior - Portugal
PUC Campinas
IQ UNESP Araraquara
UFT
FUNASA
UNIFAL MG Poços de Caldas
UFRGS
UNOESC
Prefeitura Itumbiara
UFG
UFG
Agência Reg. dos Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE)
UFG
APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima)
UFG
UFG
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), Campinas.
UFJF
UFJF
Instituto Fed de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
UFG
UFG
UFG
UFSCar
UFG
UFG
UFG
UNICAMP
UFBA
UFG
UNESP Rio Claro
EMBASA
UNICAMP
UFG
Instituto Fed de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
UFG
PUC Goiás
IFG Goiânia
UFBA
Faculdades Integradas de Araraquara (Logatti)
UFG
UFG
UFG
UFG
UFBA
UFG
UFG
UFG
UNESP Rio Claro
UFG
Instituto Fed de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
UFG
UFG
UFG
UEFS
UFG
UNESP Ilha Solteira
Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP)



Comissão Organizadora 48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE

Aparecido Hojaij – Presidente da Assemae

Rodopiano Marques Evangelista – Coordenador Geral do 48º Congresso da Assemae

Alessandro Tetzner – 3º Vice-Presidente da Assemae

Darci Schitz – 1º Diretor Financeiro da Assemae

Francisco Ronaldo Nunes – Presidente da Assemae Regional Nordeste IV (CE/RN)

Francisco Lopes – Secretário Executivo da Assemae

Paulo Sérgio Scalize – Coordenador da Exposição de Experiências Municipais em Saneamento

Francisco Gabriel Alves da Silva – Diretor de Assuntos Institucionais da Assemae

José Garcia Lima – Diretor de Comunicação Social da Assemae

Deusemar de Araújo Ramos – Diretor do SAAE de Icó (CE)

José Yarlei de Brito Gonçalves – Diretor do SAAE de Crato (CE)

Comissão Relatora da 21ª EEMS

Alessandro Siqueira Tetzner

Antonio Carlos de Azevedo Lobão

Dieter Wartchow Luiz Roberto Santos Moraes

João Sérgio Cordeiro

Patrícia Campos Borja

Paulo Sérgio Scalize

Renavan Andrade Sobrinho

Rodopiano Marques Evangelista



Temário

Tema

Abastecimento de Água

Descrição

Captação, tratamento, abastecimento e distribuição de água; resíduo de ETA.

Esgotamento Sanitário

Caracterização, coleta, tratamento, disposição, reuso, lodos e biossólidos.

Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos

Reciclagem, coleta, tratamento, disposição final e aterros, logística reversa.

Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

Manejo e drenagem de águas pluviais, hidrologia urbana, tratamento e gestão.

Recursos Hídricos

Mananciais superficiais e subterrâneos; planejamento, gestão e aproveitamento das águas; controle da poluição; políticas e estudos avaliativos; cobrança pelo uso da água.

Saúde Pública e Controle de Vetores

Doenças, controle de vetores, epidemiologia, vigilância sanitária e salubridade ambiental.

Política e Gestão dos Serviços de Saneamento Básico

Política, planejamento e gestão ambiental; política, planejamento e gestão de serviços públicos de saneamento básico, regulamentação, eficiência gerencial, organização e qualidade.

Educação Ambiental e Comunicação Social

Participação e controle social; educação ambiental, formação gestão e capacitação de pessoas em saneamento e meio ambiente.

Gestão e Redução de Perdas de Água; energia e eficiência energética

Gestão e perdas nos sistemas de abastecimento de água; energia e meio ambiente; conexão entre água e energia; eficiência energética em saneamento; gestão; controle e redução de consumo.

Planos Municipais, Regionais e Estaduais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Elaboração, implementação e manutenção de planos municipais, regionais e estaduais de saneamento básico; gestão dos resíduos sólidos, consórcios; plano de segurança hídrica.

Política Tarifária e Modelos Regulatórios

Estudos tarifários, sustentabilidade econômica-financeira, estudos de impacto regulatório, atuação de agências reguladoras, inadimplência e arrecadação, fiscalização, dívida ativa.

Saneamento Rural

Água, esgoto, drenagem, resíduos sólidos, gestão comunitária.



SUMÁRIO

Apresentação Oral

Tema 1 - Abastecimento de Água: Captação, tratamento, abastecimento e distribuição de água; resíduo de ETA.

A EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COLIFORMES EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL.....	1
A INTERFERÊNCIA DO NÍVEL DO RIO NO TRATAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO – MUNICÍPIO DE JACAREÍ - SP	16
ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ-PA	24
ANÁLISE DO ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA EM ARAGUARI (MG) NO PERÍODO DE 2005 A 2015	36
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA - ESTUDO DA VIABILIDADE EM DIFERENTES CAPITALS BRASILEIRAS	49
AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE MICROCISTINA-LR COM COLUNAS DE CARVÃO ATIVADO EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO COM DIFERENTES TEMPOS DE CONTATO	61
AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO E PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS QUANTO AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E COLETA DE ESGOTO NO MUNICÍPIO DO CRATO-CE	70
AVALIAÇÃO DE RISCOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE FORMOSA-GO PARA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA - PSA.....	77
AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE NITRATO NOS POÇOS TUBULARES DA ESTAÇÃO ENGENHEIRO FRANCISCO TÁVORA EM ALAGOINHAS BAHIA	92
CONSUMO DE ÁGUA <i>PER CAPITA</i> EM EMPREENDIMENTOS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA ..	102
DETERMINAÇÃO DE HORMÔNIOS EM ÁGUAS BRUTA E TRATADA <i>VIA</i> EFS-CL-EM/EM: EFICIÊNCIAS DE DEGRADAÇÃO COM OZONIZAÇÃO E CLOROAMONIAÇÃO.....	115
DIAGNÓSTICO DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS COMO INDICADORAS DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO SAULO MAIA – PB.....	129
EFICIÊNCIA DO FILTRO CASEIRO DE BARRO NA REMOÇÃO DE <i>Microcystis aeruginosa</i> E DE MICROCISTINA-LR DE ÁGUAS DESTINADAS AO CONSUMO HUMANO	137
ESTUDO DO DECAIMENTO DE FLÚOR NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO	145
FISCALIZAÇÃO DE COBRANÇA DE TARIFA DE ESGOTO: UM ESTUDO DE CASO DO SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO (SAAE) DE LAGOA FORMOSA/MG.....	154
ÍNDICE 3E DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO CORUMBÁ - GOIÁS	162



MEDIÇÃO REMOTA DE PRESSÃO COMO FORMA DE CONTROLE DA REGULARIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA.....	173
MODERNIZAÇÃO INSTITUCIONAL E GESTÃO DOS SERVIÇOS E DE PESSOAS NA FISCALIZAÇÃO - COMBATE AS FRAUDES NA MICROMEDIÇÃO.....	182
MONITORAMENTO DE TRIHALOMETANOS EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO - VIA PURGE AND TRAP / CG / ECD: QUANTIFICAÇÃO NA SAÍDA DAS ETAS E NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	194
PRODUÇÃO DE ESFERAS DE TiO ₂ /ALUMINA UTILIZADAS NA FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA.....	208
REDES DE APRENDIZAGEM PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO.....	218
REENQUADRAMENTO DO RIO JUNDIAÍ DE CLASSE 4 PARA CLASSE 3.....	229
RESTABELECIMENTO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM MOMENTO DE CRISE, PÓS-DESASTRE POR INUNDAÇÃO.	239
PROJETO VEM SABER - A DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	245
USO DE SENSORES INTELIGENTES COM TRANSMISSÃO SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE CLORO RESIDUAL NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE JUSSARA-PR.....	259
UTILIZAÇÃO DE ESFERAS DE TiO ₂ /ALUMINA PARA DEGRADAÇÃO DE IVERMECTINA EM UM REATOR FOTOCATALITICO.....	266
UTILIZAÇÃO DE FILTRO ARTESANAL A BASE DE ZEÓLITA PARA REMOÇÃO DE FERRO E MANGANÊS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM COMUNIDADE NA AMAZÔNIA.....	275
VERIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO DISTRITO DE APRAZÍVEL PARA DEMANDA FUTURA, SOBRAL/CE.....	283

Tema 2 - Esgotamento Sanitário: Caracterização, coleta, tratamento, disposição, reuso, lodos e biossólidos.

ADOÇÃO DE METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA O ALCANCE DA UNIVERSALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	298
ANÁLISE DE CUSTOS PARA A REDUÇÃO DE ODOR NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARQUE ATHENEU (GOIÂNIA/GO).....	305
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE BIOGÁS COMO PROPOSTA DE MELHORIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS: UM ESTUDO DE CASO.....	316
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA APÓS IMPLANTAÇÃO DA REMOÇÃO DE EXCEDENTE DE LODO EM SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS NA ETE CENTRAL, JACARÉ/SP.....	331
AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS: EPAR CAPIVARI II.....	340
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO PROCESSO CEPT NAS ETES DA SANASA.....	351



AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE ETE COMPOSTA POR REATOR UASB SEGUIDO DE BIOFILTRO AERADO SUBMERSO, UM ESTUDO DE CASO EM ETE DE ESCALA REAL NO MUNICÍPIO DE LUZERNA-SC.....	364
BIORREATOR A MEMBRANA APLICADO AO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO SOB CONDIÇÕES DE AERAÇÃO INTERMITENTE VISANDO A REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	377
CIANOBACTÉRIAS TOXIGÊNICAS EM LAGOAS DE POLIMENTO NO PÓS TRATAMENTO DE EFLUENTE ANAERÓBIO	387
DESENVOLVIMENTO DE BIOTECNOLOGIA COMO MELHORIA NO SANEAMENTO BÁSICO – ESTUDO DE CASO DO RIO CAMARAJIPE	396
DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EMERGENTES EM ESTAÇÃO PRODUTORA DE ÁGUA DE REÚSO QUE EMPREGA O SISTEMA DE TRATAMENTO MBR.....	407
SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM ÁREAS DE PROTEÇÃO AOS MANANCIAIS: ESTUDO DE CASO DO BAIRRO RECREIO DA BORDA DO CAMPO - SANTO ANDRÉ / SP	419
ESTUDO E FORMULAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS DE SOLO CIMENTO PRODUZIDOS A PARTIR DO LODO GERADO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS: UM MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO APLICADO A IDEIA DE TECNOLOGIA SOCIAL	434
EXECUÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO – APLICAÇÃO DE NOVOS EQUIPAMENTOS DE ESCAVAÇÃO E COMPACTAÇÃO	450
INFLUÊNCIA DO TRAÇADO E DE ÓRGÃOS ACESSÓRIOS COMO FERRAMENTA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS DE UMA REDE COLETORA EXISTENTE EM UM LOTEAMENTO EM FORTALEZA-CE.....	459
PROGRAMA “RIO LIMPO COMEÇA NA NOSSA CASA”	470
REMOÇÃO DE METAIS PESADOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS EM ENSAIOS EM COLUNA DE FLUXO VERTICAL E DESCENDENTE COM SOLO RESIDUAL.....	482
REUSO DE EFLUENTE SANITÁRIO TRATADO NA MANUTENÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO	491

Tema 3 - Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos: Reciclagem, coleta, tratamento, disposição final e aterros, logística reversa.

A IMPLEMENTAÇÃO DOS GRANDES GERADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL – CONTRIBUINDO PARA DESONERAR O PODER PÚBLICO DE RESPONSABILIDADES DO SETOR PRIVADO	499
ANÁLISE DE VENDAS DA COOPERATIVA DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DE JIJOCA DE JERICOACOARA	514
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO CEMITÉRIO VALE DA PAZ (GOIÂNIA, GO)	526
AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DOS SERVIÇOS DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE 21 MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	532
AVALIAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS NA COLETA SELETIVA DO MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA, GOIÁS.....	541



CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	547
CONTRIBUIÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS ESCOLAS DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS.....	558
CORRELAÇÃO ENTRE PERCENTUAL DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS E INDICADORES SOCIOECONÔMICOS EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL	564
DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO EM RESÍDUOS DE EMBALAGENS DE PLÁSTICO	575
DIAGNÓSTICO DA UNIDADE DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE TEREZÓPOLIS DE GOIÁS.....	583
ESTUDO DOS LIXIVIADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL POR MEIO DE SIMULAÇÕES EM LISÍMETROS	595
FECHAMENTO DO LIXÃO MUNICIPAL E CRIAÇÃO DA COOPERATIVA NOVA ESPERANÇA	609
GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO NÚCLEO DOS CIGANOS, SANTO ANDRÉ- SP	618
IMPLEMENTAÇÃO DE PLANO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SANTO ANDRÉ-SP: AVALIAÇÃO DE 5 ANOS.....	629
MESMO COM LIXÕES É POSSÍVEL AVANÇAR.....	642
MODELOS DE COLETA SELETIVA: COMPARAÇÃO ENTRE O SERVIÇO PRESTADO POR ORGANIZAÇÕES DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS E EMPRESAS TERCEIRIZADAS.....	653
O PANORAMA NACIONAL DA REGULAÇÃO DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	664
OTIMIZAÇÃO DE ROTAS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS UTILIZANDO PROBLEMA DO CARTEIRO CHINÊS.....	675
PAPA-ENTULHO: UMA PROPOSTA PARA ERRADICAÇÃO DE PONTOS DE DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO DISTRITO FEDERAL	682
PAPA-LIXO: A UTILIZAÇÃO DE CONTÊINERES SEMIENTERRADOS EM ÁREAS DE DIFÍCIL ACESSO.....	691
PERFIL DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ, PARÁ.....	702
PRODUÇÃO DE PARÂMETROS PARA O MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NO NÍVEL LOCAL (GERAÇÃO PER CAPITA E COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA), NO BAIRRO FAZENDA GARCIA, EM SALVADOR-BA	717
QUALIDADE DA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.....	727
REVITALIZAÇÃO DE BROWNFIELD EM SANTO ANDRÉ	737
SISTEMA DE MANEJO DAS EMBALAGENS DE SANEANTES DESINFESTANTES EM ALAGOINHAS-BA.....	745



Tema 4 - Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais: Manejo e drenagem de águas pluviais, hidrologia urbana, tratamento e gestão.

AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PROPOSTA PELO NOVO ZONEAMENTO DA CIDADE DE SÃO PAULO	760
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA LIMPEZA DE VEÍCULOS EM EMPRESA DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NO INTERIOR PAULISTA	767
DESAFIOS DA REGULAÇÃO DA DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: UMA ANÁLISE REGIONAL	779
MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS DE COMBATE À INUNDAÇÕES URBANAS: A IMPORTÂNCIA DO ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO, COMO INSTRUMENTO EFICAZ DE GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL	789
O DÉFICIT NA DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NAS CAPITAIS E NO DISTRITO FEDERAL.....	804
PROJETO PARA REVITALIZAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO QUILOMBO – BACIAS PCJ.....	817
UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS EM ESTUDOS DE FINANCIAMENTO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE DRENAGEM URBANA.....	829

Tema 5 - Recursos Hídricos: Mananciais superficiais e subterrâneos; planejamento, gestão e aproveitamento das águas; controle da poluição; políticas e estudos avaliativos; cobrança pelo uso da água.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS URBANOS, SALVADOR, BA	850
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA LAGOA DO PARQUE ECOLÓGICO DA MARAPONGA EM FORTALEZA – CE: ANÁLISE DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES E BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS	865
GEOPROCESSAMENTO DE DADOS MATRICIAIS E VETORIAIS APLICADOS A ANÁLISE GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA JUNDIAÍ MIRIM – JUNDIAÍ/JARINU/CAMPO LIMPO PAULISTA - SP	872
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA CIDADE DE CANDEIAS, BA – BRASIL: UM ENFOQUE PARA AS CONDIÇÕES SANITÁRIAS.....	885
PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS - O PROGRAMA “PRODUTOR DE ÁGUA DO RIO VERMELHO” COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO BENTO DO SUL, SC....	899
POTENCIAL DE RENATURALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS EM REGIÕES METROPOLITANAS: PROPOSTA DE REVITALIZAÇÃO DE TRECHO DO RIBEIRÃO DOS CRISTAIS EM CAJAMAR-SP.....	907
SELEÇÃO DE ÁREAS PARA CARREGAMENTO E ARMAZENAMENTO DE MACRÓFITAS REMOVIDAS POR PROCEDIMENTO MECÂNICO DE RIOS EM ÁREA URBANA	918
UTILIZAÇÃO DO IQA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS EM UM TRECHO DO RIO DOS BOIS, GO	929

Tema 6 - Saúde Pública e Controle de Vetores: Doenças, controle de vetores, epidemiologia, vigilância sanitária e salubridade ambiental.



AVALIAÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS DA VIGIÁGUA, DOS MUNICÍPIOS DA III GERES DE PERNAMBUCO ..	938
RELAÇÃO ENTRE O AUMENTO DOS INVESTIMENTOS EM SANEAMENTO COM A MELHORIA DA SAÚDE PÚBLICA NA MICRORREGIÃO DOS LAGOS, RJ (1998 A 2016).....	945
VIGILÂNCIA, CONTROLE DAS ARBOVIROSES E EDUCAÇÃO EM SAÚDE: A FORMAÇÃO PARA AGENTES DE COMBATE AS ENDEMIAS NO CEARÁ	954

Tema 7 - Política e Gestão dos Serviços de Saneamento Básico: Política, planejamento e gestão ambiental; política, planejamento e gestão de serviços públicos de saneamento básico, regulação, regulamentação, eficiência empresarial, organização e qualidade.

A NECESSIDADE DA ANÁLISE DE INDICADORES E ÍNDICES PARA AVALIAÇÃO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	962
A PRESCRIÇÃO E A RESPONSABILIDADE PESSOAL DO GESTOR NA RECUPERAÇÃO DA DIVIDA ATIVA	970
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA BAHIA: O CENÁRIO FRENTE À UNIVERSALIZAÇÃO	976
ANÁLISE DA EFICÁCIA DA INSERÇÃO DOS CORREDORES ECOLÓGICOS PARA A OTIMIZAÇÃO DO SANEAMENTO AMBIENTAL EM SALVADOR/BA	988
ANÁLISE DAS EQUIPES DE PESQUISA EM SAÚDE E SANEAMENTO FINANCIADAS PELA FUNASA.....	999
AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO NO ESTADO DO CEARÁ SOB A LUZ DO PLANSAB	1009
BANCO DE DADOS DE CONSÓRCIOS DE SANEAMENTO: UMA ANÁLISE DOS CONSÓRCIOS PÚBLICOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	1023
CONSTRUINDO UM PORTAL CORPORATIVO PARA UM SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO.....	1034
ESTABELECIMENTO DE FLUXO EM PROCESSOS LICITATÓRIOS E APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PUBLICIDADE COMO CONTROLE E FISCALIZAÇÃO: ELABORAÇÃO E PUBLICIDADE COMO CONTROLE E FISCALIZAÇÃO ..	1048
ESTUDO DE CASO: CONTRIBUIÇÕES DAS FISCALIZAÇÕES TÉCNICAS DA AGÊNCIA REGULADORA PARA MELHORIA DA GESTÃO DE UMA EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMENTO.	1059
FERRAMENTAS DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO; AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO SISTEMA DE GESTÃO IMPLANTADO NO SAAE – ITABIRITO/MG.....	1067
GESTÃO COMUNITÁRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE DOM PEDRO DE ALCÂNTARA-RS.....	1083
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE CONSÓRCIOS PÚBLICOS EM SANEAMENTO BÁSICO: ESPAÇO DE INTEGRAÇÃO DE ATORES DA BAHIA.....	1090
PANORAMA DAS OBRAS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO EM MUNICÍPIOS BAIANOS: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO	1101
PARCERIA ENTRE INSTITUIÇÕES PARA SOLUÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO.....	1113



PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	1126
PERSPECTIVAS E DESAFIOS DO SANEAMENTO BÁSICO BRASILEIRO DEZ ANOS APÓS SEU MARCO LEGAL	1142
PLANEJAMENTO URBANO SOB A ÓTICA INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS E DO SANEAMENTO– PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA	1156
PONTOS RELEVANTES PARA MIGRAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NO SETOR DE SANEAMENTO - ABNT NBR ISO 9001 VERSÃO 2008 PARA 2015.....	1165
PROJETO VEM SABER - A DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	1179
RASTREAMENTO E TRATAMENTO DAS RECLAMAÇÕES DOS CLIENTES	1193
REFORMA ADMINISTRATIVA E GESTÃO DE PESSOAS NA ADMINISTRAÇÃO DO SAAE DE JACAREÍ-SP	1200
RELAÇÃO DA TI COM A ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL NO DISTRITO FEDERAL.....	1205
SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO COMO FERRAMENTA DE GESTÃO	1211
UMA ABORDAGEM SOBRE A PRODUÇÃO DOS RESUMOS EXECUTIVOS PUBLICADOS NOS CADERNOS DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA DA FUNASA.....	1225
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO EM ÁREAS RURAIS E GESTÃO DE RECURSOS.....	1236
VALIDAÇÃO DOS FATORES INTERVENIENTES PARA IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO REGIONALIZADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS DIVERSOS ATORES NO BRASIL	1244

Tema 8 - Educação Ambiental e Comunicação Social: Participação e controle social; educação ambiental, formação gestão e capacitação de pessoas em saneamento e meio ambiente.

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O PROCESSO DE CONHECIMENTO SOBRE SANEAMENTO: OFICINAS AMBIENTAIS PARA JOVENS DO ENSINO MÉDIO NO BAIRRO BOM JARDIM, EM FORTALEZA.....	1254
A IMPORTÂNCIA DA IMPLEMENTAÇÃO E SISTEMÁTICA DE-AVALIAÇÃO CONTÍNUA DOS PROJETOS SOCIAIS COM AS PARCERIAS DA EMPRESA DE SANEAMENTO	1266
ATIVIDADES LÚDICAS NO ENSINO DAS FORMAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL	1281
BOMBAS DE SEMENTES SOB A PERSPECTIVA DE UMA EDUCAÇÃO DIALÓGICA PARA REFLORESTAMENTO DA CHAPADA DO ARARIPE	1294
DISSEMINAÇÃO DE UMA EDUCAÇÃO AMBIENTAL INCLUSIVA PARA OS DEFICIENTES VISUAIS DO INSTITUTO DOS CEGOS EM CAMPINA GRANDE – PB)	1301
EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS APLICADA NO BAIRRO DA BRASÍLIA – ILHA DE OUTEIRO – BELÉM/PA.....	1310
EDUCANDO ARACATI PARA O CUIDADO COM O MEIO AMBIENTE	1317
ENCONTRO TÉCNICO SABERES DA CASA – COMPARTILHANDO CONHECIMENTOS, EXPERIÊNCIAS, VIVÊNCIAS E SOLUÇÕES.....	1325



ENRAIZANDO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL	1336
GUARDE A CHUVA – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA FOMENTAR A CULTURA DO USO DA ÁGUA DA CHUVA	1342
JUNTOS PELO RIO ITAJAÍ E CONTRA O Aedes Aegypti	1350
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA USO RACIONAL DA ÁGUA: CAMINHO POSSÍVEL PARA O ENGAJAMENTO COMUNITÁRIO COLABORATIVO NO SANEAMENTO	1358
PROMOÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PELA ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES NA PÁGINA DA EQUIPE SASB NA REDE SOCIAL FACEBOOK	1369

Tema 9 - Gestão e Redução de Perdas de Água; energia e eficiência energética: Gestão e perdas nos sistemas de abastecimento de água; energia e meio ambiente; conexão entre água e energia; eficiência energética em saneamento; gestão, controle e redução de consumo.

A SETORIZAÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM FOCO PARA O CONTROLE DE PERDAS ..	1382
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A INCIDÊNCIA DE VAZAMENTOS E A CONDIÇÃO OPERACIONAL DAS VRPs	1388
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE APARELHOS DE.	1398
AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DA MICROMEDIÇÃO NA ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA E NO AUMENTO DE FATURAMENTO	1406
AVALIAÇÃO DAS PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DE GOIÁS	1413
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS INDICADORES DE PERDAS DE ÁGUA NA REDE DE ABASTECIMENTO DOS MUNICÍPIOS DE ILHÉUS E BARREIRAS-BA.....	1422
AVALIANDO-SE A EFICIÊNCIA HIDRO-ENERGÉTICA DAS AUTARQUIAS DO PARANÁ.....	1434
CÁLCULO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DA MEDIÇÃO – IDM DO PARQUE DE MEDIDORES DO SAAE GUARULHOS	1446
DESDOBRAMENTOS POSSÍVEIS DO MONITORAMENTO CONTÍNUO DAS VERIFICAÇÕES PERIÓDICAS E EVENTUAIS DOS HIDRÔMETROS	1453
DETERMINAÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA POR SUBMEDIÇÃO COM A UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DA MICROMEDIÇÃO (IDM).....	1459
DIAGNÓSTICO DO USO DA ÁGUA E DIRETRIZES PARA O USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFÍCIO COMERCIAL	1468
FRAUDES E LIGAÇÕES CLANDESTINAS DE ÁGUA EM ITABIRITO: APRIMORAMENTO DOS INSTRUMENTOS DE FISCALIZAÇÃO E CONTROLE.....	1477
IMPACTO NA SIMULAÇÃO COM VAZAMENTOS NA ANÁLISE DO USO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	1488
MAPEAMENTO DOS HIDRÔMETROS PARA GESTÃO DO CONSUMO E GESTÃO DAS PERDAS DE ÁGUA.....	1503
PLANEJAMENTO NA GESTÃO DE PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA	1513



PROGRAMA DE GESTÃO DO CONSUMO DE ENERGIA – SOFTWARE COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO GERENCIAL E DE CONTROLE	1527
RECUPERAÇÃO DO VOLUME MICROMEDIDO COM A IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE TROCA DE HIDRÔMETROS POR CRITÉRIOS METROLÓGICOS	1542
REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DE PADRONIZAÇÃO OPERACIONAL EM ZONAS DE MACROMEDIÇÃO	1548
SETORIZAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA O ABASTECIMENTO PLENO E EFICIENTE	1554
SUBMISSÃO DE PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE SANEAMENTO ÀS CHAMADAS PÚBLICAS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PEE-ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.....	1564
UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE PERDAS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO FERRAMENTA DE AUDITORIA NA GESTÃO DA EMPRESA DE SANEAMENTO	1574

Tema 10 - Planos Municipais, Regionais e Estaduais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Elaboração, implementação e manutenção de planos municipais, regionais e estaduais de saneamento básico; gestão dos resíduos sólidos, consórcios; plano de segurança hídrica.

A REGULAÇÃO DO SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS:	1584
ANÁLISE DOS CONSÓRCIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MINAS GERAIS E PERNAMBUCO.....	1594
AVALIAÇÃO DE PLANOS DE SANEAMENTO EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS – ÁREA: RESÍDUOS SÓLIDOS ..	1605
DESAFIOS NA ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: ESTUDO DE CASO DE OITO MUNICÍPIOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	1613
PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO MUNICIPAL DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO BÁSICO	1625
PLANEJAMENTO REGIONAL: ESTUDO DE CASO DO PROJETO RIDESAB.....	1634
PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL: METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO E PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	1644
REVISÃO PARTICIPATIVA DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE IJUÍ - RS.....	1653

Tema 11 - Política Tarifária e modelos Regulatórios: Estudos tarifários, sustentabilidade econômica-financeira, estudos de impacto regulatório, atuação de agências reguladoras, inadimplência e arrecadação, fiscalização, dívida ativa.

AÇÃO ITINERANTE EM BAIRRO COM INSTRUMENTO DE RELACIONAMENTO AO CLIENTE E RECUPERAÇÃO DE PERDAS FINANCEIRAS	1664
IMPLANTAÇÃO DA TARIFA BÁSICA OPERACIONAL EM SUBSTITUIÇÃO A TAXA MÍNIMA DE 10M ³ NO SAMAE DE SÃO BENTO DO SUL – SC.....	1672
PRECIFICAÇÃO DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DO CRATO – CE.....	1678
REGULAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO UTILIZANDO A BACIA HIDROGRÁFICA COMO MODELO DE GESTÃO	1694



REGULAÇÃO NA ÁREA DE SANEAMENTO BÁSICO: UMA ANÁLISE DA AGÊNCIA REGULADORA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA (AGERSA)	1710
REGULAÇÃO NO SANEAMENTO BÁSICO: PROJETO REGULASAN	1724

Tema 12 - Saneamento Rural: água, esgoto, drenagem, resíduos sólidos, gestão comunitária.

AUTOGESTÃO NO SANEAMENTO BÁSICO EM COMUNIDADES RURAIS. UM ESTUDO DE CASO SOBRE A COMUNIDADE DE MATA DO BOM JESUS – BA.....	1734
CENÁRIO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO NAS COMUNIDADES QUILOMBOLAS DO ESTADO DE GOIÁS.....	1742
EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS IMPLANTADOS NA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO – SC.....	1754
ESTUDO SECUNDÁRIO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO, DA QUALIDADE DA ÁGUA E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DAS COMUNIDADES QUILOMBOLAS DO BRASIL	1769
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO E DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS EDUCATIVAS NO SÍTIO BOCA DA MATA, JARDIM-CE.....	1782
ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO EM MUNICÍPIOS QUE POSSUEM SISTEMA INTEGRADO DE SANEAMENTO RURAL: UMA ANÁLISE COMPARATIVA.....	1792
PROGRAMA ÁGUA DOCE (PAD) E CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO: UMA AVALIAÇÃO DA AUTOGESTÃO DOS SISTEMAS A PARTIR DO MUNICÍPIO DE BRUMADO NA BAHIA	1801
PROGRAMA ÁGUA PARA TODOS NO ÂMBITO DA FUNASA: IMPLANTAÇÃO DE CISTERNAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ.....	1815



REMOÇÃO DE METAIS PESADOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS EM ENSAIOS EM COLUNA DE FLUXO VERTICAL E DESCENDENTE COM SOLO RESIDUAL

Flora Silva⁽¹⁾

Doutora em Engenharia Civil. Professora-adjunta, Departamento de Construções Cívicas e Planeamento, Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

António Albuquerque

Doutor em Engenharia Civil. Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.

Paulo Sérgio Scalize

Doutor em Engenharia Civil. Professor Associado, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Endereço⁽¹⁾: ESTiG - Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 - Bragança - Portugal - Tel: +351 273 303 000 – e-mail: flora@ipb.pt

RESUMO

A recarga artificial de aquíferos (RAQ) constitui uma forma de aumentar a disponibilidade de água subterrânea, sendo, em muitos casos, uma forma indireta de reutilização para produção de água potável. Em termos de saúde pública, os metais pesados, são um dos grupos de poluentes químicos mais importantes na RAQ com águas residuais tratadas (ART). Por consequência, a prática desta recarga deverá ser rigorosamente controlada e monitorada. Sendo a constituição do meio poroso (solo natural) um dos fatores relevantes para a avaliação da redução de poluentes proporcionada pela infiltração, pretendeu mostrar-se que a componente fina de um solo residual granítico proveniente da região da Beira Interior de Portugal, apresenta capacidade reativa para remover, por mecanismos de sorção (complexação e precipitação na forma de hidróxidos, adsorção e permuta iónica), em ensaios em coluna laboratorial de fluxo vertical e descendente, de modo descontínuo e contínuo, a carga residual de cinco metais pesados (Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) comum em ART.

Palavras-chave: Efluentes líquidos, metais pesados, sorção, solo residual.



INTRODUÇÃO

Os efluentes líquidos produzidos nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) podem ser descarregados em massas de água, desde que cumpram os limites de descarga para vários parâmetros de qualidade definidos na legislação portuguesa (Decreto-lei n.º152/97 de 19 de junho e Decreto-lei n.º236/98 de 1 de agosto). Existe assim, uma carga poluente residual que é permitida introduzir em massas de água naturais, desde que não haja risco de impacto ambiental negativo e significativo para aquele recurso hídrico e problemas de saúde pública. A prática de reutilização de ART, é vista como uma estratégia de conservação da água em regiões onde a escassez de recursos hídricos constitui uma realidade natural e naquelas em que o crescimento demográfico e/ou alterações climáticas antevêm essa escassez (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010). Em situações de menor escassez de água, a reutilização é praticada por imperativos de proteção ambiental dos meios receptores, reduzindo a descarga de efluentes de ETAR. Assim, uma das estratégias de gestão integrada dos recursos hídricos passa por dinamizar a utilização deste recurso para usos não potáveis, como sejam a irrigação agrícola, a irrigação paisagística, a indústria, a recarga artificial de aquíferos ou os usos recreativos e ambientais, que representam a grande maioria dos consumos de água e cujos requisitos de qualidade são substancialmente inferiores aos da água para consumo humano.

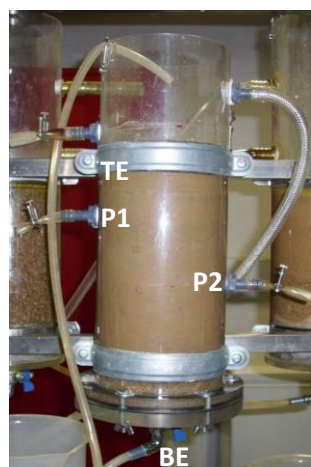
O tratamento complementar das águas residuais por meio do solo (Soil Aquifer Treatment – SAT) tem demonstrado ser uma alternativa técnica e economicamente viável para o polimento de efluentes de tratamento secundário previamente à sua inclusão em aquíferos, como demonstram alguns estudos (Pescod, 1992; Grunheid *et al.*, 2005; Bdour *et al.*, 2009; Essandoh *et al.*, 2011). No entanto, caso o solo não apresente condições favoráveis para a infiltração de ART, as cargas residuais dessas águas (p.e. metais pesados) podem ser uma desvantagem para a qualidade da água subterrânea. As argilas têm propriedades reativas que lhes permitem remover cátions metálicos essencialmente por mecanismos de sorção (p.e. adsorção, permuta iônica e complexação e precipitação), tal como foi comprovado por Fike (2001), Meurer *et al.* (2006), Ramísio (2007), Costa (2011), Chaari *et al.* (2011), Tallat *et al.* (2011), Lukman *et al.* (2013) e Silva (2015). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de remoção de cinco metais pesados (Cr, Cu, Ni, Pb e Zn), em ensaios em coluna laboratorial de fluxo vertical e descendente, de modo descontínuo e contínuo, com a componente fina de um solo residual da Quinta de Gonçalo Martins (Guarda, Portugal), e verificar quais os mecanismos de sorção responsáveis pela remoção desses poluentes.



MATERIAL E MÉTODOS

Na Quinta de Gonçalo Martins (Guarda), na região da Beira Interior de Portugal, num dos locais selecionados para infiltração de ART provenientes da ETAR de Vila Fernando (Guarda) (Silva, 2011), foi coletada uma amostra de solo residual. Para o estudo, extraiu-se do solo a componente inferior a 0,075 mm (fino do solo). Para verificar a importância das propriedades do solo na remoção de metais pesados, determinaram-se algumas propriedades físicas, químicas e mineralógicas. Foram determinados os volumes diferencial e cumulativo do fino do solo em função do tamanho das partículas, bem como a superfície específica, por difração laser, recorrendo ao *Coulter* LS200. A densidade das partículas sólidas, foi determinada pelo método do picnómetro (NP 83:1965) e a porosidade usando os procedimentos descritos em Silva (2015). A mineralogia da fração argilosa (fração < 2 µm), foi determinada por Difração de Raios-X (DRX) utilizando um difractómetro Philips Analytical X-Ray B.V., composto por um controlador PW 3710 mpd/00 e por um gerador de alta tensão PW 1830, P, operando a 40 KV e 30 mA com uma ampola de cobre (radiação Cu K α). A composição química (análise em óxidos), foi determinada com o Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS) que se encontra acoplado ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (SEM), Hitachi S-2700, EUA. A capacidade de troca catiônica foi determinada, pelo método do acetato de amônio tamponizado a pH de 7, descrito em Houba *et al.* (1995). Para os ensaios de sorção, foi utilizada uma coluna em acrílico, de fluxo vertical e descendente, de secção circular, com 42 cm de altura por 14 cm de diâmetro (Figura 1).

Figura 1 – Coluna de fino do solo em operação.



Utilizaram-se 3 tomas para amostragem (P1 a 5 cm, P2 a 15 cm e efluente ou base do enchimento (BE) a 25 cm), tendo também sido coletadas amostras no afluente ou topo do



enchimento (TE). Desta forma, o meio de enchimento ocupou uma altura total de 25 cm, sendo constituído por duas camadas distintas: uma superior com 20 cm (fino do solo, massa = 3588,1 g) e uma inferior com 5 cm (areia de rio, massa = 891,4 g). O volume útil necessário para o enchimento ficar submerso foi de aproximadamente $V_u = 1,85$ L (TE-BE). Optou-se por uma altura de 20 cm de solo, porque de acordo com Essandoh *et al.* (2011), a remoção mais significativa de poluentes ocorre nos primeiros 10 cm de solo, tendo essa altura sido duplicada para avaliar a remoção da carga residual numa profundidade maior. A altura da lâmina líquida, para o meio de enchimento ficar todo submerso foi de ± 2 mm, acima do TE. De referir que, a camada inferior de areia foi prevista como meio para a proteção da camada superior de solo, de forma a evitar a saída de partículas finas e perturbação do escoamento junto à saída.

Foram utilizadas soluções concentradas de 1,0 g/L de cromato de potássio (K_2CrO_4), sulfato de cobre ($CuSO_4$), cloreto de níquel ($NiCl_2$), nitrato de chumbo ($Pb(NO_3)_2$) e cloreto de zinco ($ZnCl_2$), para estudar a remoção dos íons metálicos Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} e Zn^{2+} , respectivamente. A solução de alimentação, incluiu soluções sintéticas dos cinco metais com concentração teórica de 5 mg/L de cada metal. Numa primeira fase, a operação da coluna foi realizada de modo descontínuo, incluindo fases de enchimento com a solução de alimentação, reação durante 3,5 dias (totalizando 35 dias, 10 ciclos), drenagem e recolha de amostras, tal como sugerido por Opoku (2007). Numa segunda fase, a coluna operou em modo contínuo e o sistema de alimentação incluiu um sistema de tubos em Ismaprene de diâmetro variável, válvulas antirretorno e uma bomba peristáltica ISMATEC MCP CA4 (Suíça) para bombear o afluente para a entrada da coluna, com uma vazão de 0,36 L/d e uma carga hidráulica de 2,34 cm/d, valores testados previamente em laboratório e que estão de acordo com os observados por Eliasson (2002), Jellali *et al.* (2009) e Pavelic *et al.* (2011) em materiais de enchimento similares. Para medição do pH e temperatura foi utilizada uma sonda SenTix 41 ligada a um medidor Multi 340i da WTW, Alemanha. A determinação da concentração de metais foi efetuada através de um espectrofotômetro de absorção atômica GBC-906 (Austrália), de acordo com a norma ISO 15586:2003.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo residual tem cerca de 4,94% de argila, percentagem esta importante para evitar a colmatção do solo e assegurar o tratamento da água residual (Kallali *et al.*, 2007). A amostra de fino do solo apresenta uma densidade de 2,65, porosidade de 48% e superfície específica de 0,29 m^2/g . A capacidade de troca catiônica (a pH = 7) é média (11,68 $cmol_c/kg$) (LQARS, 2006), favorecendo mais a permuta do cátion Ca^{2+} , em relação ao Mg^{2+} , K^+ e Na^+ . Contém



essencialmente sílica (60,44%) e alumina (31,76%), representando a caulinite cerca de 60% do material argiloso presente no solo. O complexo argilo-coloidal deste solo apresenta propriedades reativas que lhe permitem remover poluentes por mecanismos de sorção (Silva, 2015).

Nas Tabelas 1 e 2 apresenta-se a variação da concentração de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn, em termos médios, nos pontos de coleta de amostras, bem como a variação de pH e temperatura, nos ensaios com alimentação descontínua e contínua, respectivamente.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios em coluna com alimentação descontínua de metais pesados.

Parâmetro	TE ¹⁾ (Afluente)	P1 ²⁾	P2 ³⁾	BE ⁴⁾ (Efluente)
pH	6,12 – 6,45	5,92 – 7,14	5,57 – 7,14	6,45 – 7,44
Temperatura (°C)	20,88 ± 1,16	21,05 ± 1,05	21,40 ± 1,21	19,92 ± 1,10
Cr (mg/L)	4,96 ± 0,21	3,75 ± 0,23	3,18 ± 0,19	2,74 ± 0,23
Cu (mg/L)	5,06 ± 0,18	2,24 ± 0,31	1,37 ± 0,26	0,98 ± 0,13
Ni (mg/L)	5,02 ± 0,18	1,06 ± 0,07	0,64 ± 0,10	0,42 ± 0,08
Pb (mg/L)	5,08 ± 0,22	0,12 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,02
Zn (mg/L)	5,12 ± 0,16	0,20 ± 0,08	0,09 ± 0,05	0,05 ± 0,03

Considerando um nível de confiança de 95%, para os seguintes tamanhos de amostra:

^{1), 2), 3) e 4)} 10 (Cr); 10 (Cu); 10 (Ni); 10 (Pb); 10 (Zn).

Tabela 2 – Resultados dos ensaios em coluna com alimentação contínua de metais pesados.

Parâmetro	TE ¹⁾ (Afluente)	P1 ²⁾	P2 ³⁾	BE ⁴⁾ (Efluente)
pH	6,62 – 7,06	4,72 – 6,32	4,52 – 5,15	5,81 – 6,48
Temperatura (°C)	22,61 ± 0,46	22,77 ± 0,43	22,68 ± 0,50	22,52 ± 0,44
Cr (mg/L)	5,05 ± 0,10	2,63 ± 0,58	2,22 ± 0,49	1,89 ± 0,48
Cu (mg/L)	5,07 ± 0,19	1,63 ± 0,55	1,08 ± 0,47	0,81 ± 0,41
Ni (mg/L)	5,14 ± 0,11	0,71 ± 0,37	0,44 ± 0,22	0,23 ± 0,09
Pb (mg/L)	5,08 ± 0,12	0,07 ± 0,04	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,01
Zn (mg/L)	5,20 ± 0,10	0,005 ± 0,003	0,003 ± 0,002	0,002 ± 0,002

Considerando um nível de confiança de 95%, para os seguintes tamanhos de amostra:

^{1), 2), 3) e 4)} 10 (Cr); 10 (Cu); 10 (Ni); 10 (Pb); 10 (Zn).



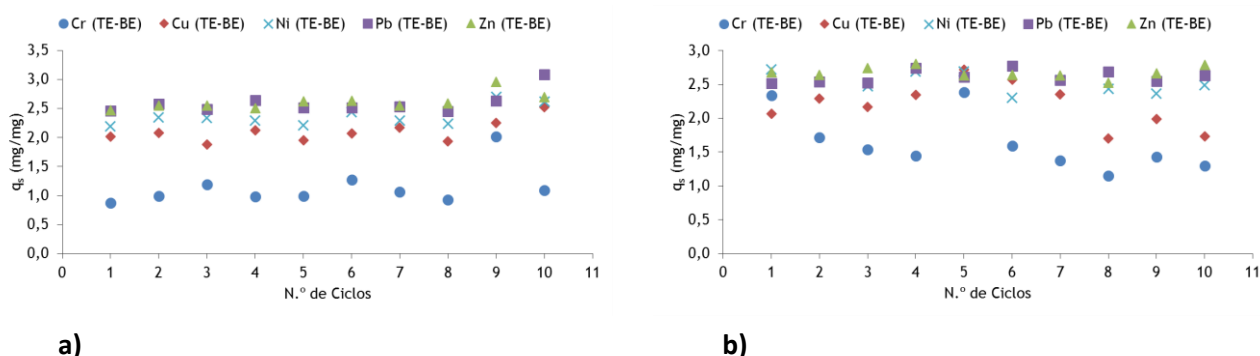
Da análise das Tabelas 1 e 2, na generalidade, verificou-se uma grande oscilação de valores de pH. A temperatura média, nos vários pontos de amostragem, manteve-se praticamente constante ao longo de todos os ciclos. Para o trecho TE-BE (alimentação descontínua) foram observadas, em média, remoções em concentração de 2,22 mg Cr/L, 4,08 mg Cu/L, 4,60 mg Ni/L, 5,03 mg Pb/L e 5,07 mg Zn/L, a que correspondem remoções mássicas de 4,10 mg de Cr, 7,54 mg de Cu, 8,49 mg de Ni, 9,29 mg de Pb e 9,37 mg de Zn e eficiências de remoção de 44,28% de Cr, 80,66% de Cu, 91,54% de Ni, 99,10% de Pb e 99,04% de Zn. Relativamente aos ensaios com alimentação contínua (trecho TE-BE) foram observadas, em média, remoções em concentração de 3,16 mg Cr/L, 4,26 mg Cu/L, 4,91 mg Ni/L, 5,08 mg Pb/L e 5,20 mg Zn/L, a que correspondem remoções mássicas de 5,84 mg de Cr, 7,87 mg de Cu, 9,06 mg de Ni, 9,37 mg de Pb e 9,60 mg de Zn e eficiências de remoção de 62,57% de Cr, 84,15% de Cu, 95,42% de Ni, 99,83% de Pb e 99,96% de Zn.

Nas Figuras 2-a (ensaios em descontínuo) e 2-b (ensaios em contínuo), para o trecho TE-BE, apresentam-se as taxas de sorção (q_s) estimadas através da equação (1), tendo sido considerada a massa de fino do solo de 3588,1 g e um V_u de 1,85 L (TE-BE).

$$q_s = (C_i - C_f) \times V_u / m_s \quad (1)$$

onde, q_s é taxa de sorção (mg/g), C_i é a concentração inicial de soluto em solução (mg/L), C_f é a concentração final de soluto em solução (mg/L), V_u é o volume útil da solução (L) e m_s é a massa de sorvente (g).

Figura 2 – Variação de q_s nos ensaios com Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em descontínuo (a) e contínuo (b)





Da análise da Figura 2-a, para os ensaios em descontínuo, observam-se valores de q_s de 1,14 mg Cr/mg, 2,10 mg Cu/mg, 2,37 mg Ni/mg, 2,59 mg Pb/mg e 2,61 mg Zn/mg. Nos ensaios em contínuo (Figura 2-b) são apresentados valores de q_s de 1,63 mg Cr/mg, 2,19 mg Cu/mg, 2,53 mg Ni/mg, 2,61 mg Pb/mg e 2,67 mg Zn/mg. Os valores de q_s , foram muito inferiores aos observadas nos ensaios em batelada (1-10 mg/L de metal; $m = 0,5$ g de fino do solo; 24 h) (Silva, 2015) o que é justificada pela maior exposição da superfície do material aos íons metálicos em solução nos ensaios em batelada. Os valores de pH dos ensaios em coluna, associados a tempos de contato maiores, parecem ter favorecido a remoção dos íons metálicos Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} e Zn^{2+} por complexação e precipitação na forma de hidróxidos (LeClaire, 1985; Csobán *et al.*, 1998; Fike, 2001; Chaari *et al.*, 2011), embora possa também ter ocorrido adsorção e permuta iônica (com exceção do Cr), dado que o pH baixa para valores abaixo de 6 em alguns ciclos. A menor remoção de Cr em comparação com os outros metais pesados, pode estar relacionada com a competição das várias espécies de metais em solução que, de acordo com Fike (2001), favorece as espécies de menor carga quando há variações na força iônica da solução, e o íon Cr^{3+} é o que apresenta a carga mais elevada. Também porque o pH ideal para a sua adsorção eletrostática e permuta iônica situa-se entre 2 e 4 (Wu *et al.*, 2008).

CONCLUSÃO

A componente fina do solo residual da Quinta de Gonçalo Martins tem propriedades reativas que lhe conferem uma boa capacidade de remoção de metais pesados por mecanismos de sorção, o que lhe permite atuar como uma barreira à contaminação de águas subterrâneas durante a infiltração com águas residuais tratadas. O Zn foi o metal que apresentou maior remoção, seguido do Pb, Ni, Cu e Cr, nos ensaios em fluxo contínuo, e parece ter ocorrido essencialmente por mecanismos de complexação e precipitação na forma de hidróxidos, adsorção e permuta iônica. Assim, a utilização de solos residuais como meio de enchimento de infraestruturas de infiltração, poderá trazer vantagens econômicas, dado tratar-se de uma matéria-prima local.

REFERÊNCIAS

BDOUR, A.; HAMDI, M.; TARAWNEH, Z. (2009). Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region, *Desalination*, v.237, n.(1 e 3), p.162-174.



- CHAARI, I; MEDHIOUB, M; JAMOSSI, F. (2011). Use of clay to remove heavy metals from Jebel Chakir landfill leachate, *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, v.6, n.2, p.143-148.
- COSTA, J. (2011). Caracterização e constituição do solo. 8ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 527p.
- CSOBÁN, K.; PÁRKÁNYI-BERKA, M.; JOÓ, P.; BEHRA, Ph. (1998). Sorption experiments of Cr (III) onto silica, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v.141, n.3, p.347-364.
- DECRETO-LEI n.º152/97 de 19 de junho, Lisboa: Diário da República n.º139/1997 - I Série A, Ministério do Ambiente.
- DECRETO-LEI n.º236/98 de 1 de agosto, Lisboa: Diário da República n.º176/98 - I Série A, Ministério do Ambiente.
- ELIASSON, J. (2002). Rule Development Committee Issue Research Report-Draft: Hydraulic Loading. Washington State Department of Health, Washington, EUA, 31p.
- ESSANDOH, H.; TIZAOUI, C.; MOHAMED, M.; AMY, G; BRDJANOVIC, D. (2011). Soil aquifer treatment of artificial wastewater under saturated conditions. *Water Research*, v.45, n.14, p.4211-4226.
- FIKE, W. (2001). Sorption of cadmium, copper, lead, and zinc as influenced by pH, ionic strength and selected soil components, Tese de Doutorado, Virgínia Polytechnic Institute and State University, Virgínia, EUA.
- GRUNHEID, S.; AMY, G.; JEKEL, M. (2005). Removal of bulk dissolved organic carbon (DOC) and trace organic compounds by bank filtration and artificial recharge, *Water Research*, v.39, n.14, p.3219-3228.
- HOUBA, V.; VAN DER LEE, J.; NOVOZAMSKY, I. (1995). Soil Analysis Procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Holanda.
- ISO 15586 (2003). Water quality. Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace. Norma internacional, International Organization for Standardization, Genebra, Suíça, 7p.
- JELLALI, S.; SEDIRI, T.; KALLALI, H.; ANANE, M; JEDIDI, N. (2009). Analysis of hydraulic conditions and HRT on the basis of experiments and simulations on soil column, *Desalination* v.246, n.(1-3), p.435-443.
- KALLALI, H.; ANANE, M.; JELLALI, S.; TARHOUNI, J. (2007). GIS-Based multi-criteria analysis for potential wastewater aquifer recharge sites. *Desalination*, v.215, n.(1-3), p.111-119.
- LeCLAIRE, J. (1985). Adsorption of copper and cadmium onto soils: Influence of organic matter, Tese de Doutorado, Riverside: Universidade da Califórnia, EUA.



- LQARS (2006). Manual de fertilização das culturas: INIAP – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa, Portugal, 282p.
- LUKMAN, S.; ESSA, M.; MU'AZU, N.; BUKHARI, A. e BASHEER, C. (2013). Adsorption and desorption of heavy metals onto natural clay material: Influence of initial pH. *Journal of Environmental Science and Technology*, v.6, n.1, p.1-15.
- MARECOS DO MONTE, H.; ALBUQUERQUE, A. (2010). Reutilização de águas residuais: Guia Técnico nº 14, ERSAR, Lisboa, Portugal, 339p.
- MEURER, E.; RHEINHEIMER, D.; BISSANI, C. (2006). Fenômenos de sorção em solos. In: MEURER E. (Ed.), *Fundamentos da química do solo*. Porto Alegre, Evangraf, Brasil, p.117-162.
- NORMA PORTUGUESA DEFINITIVA NP 83. (1965). Solos. Determinação da densidade das partículas, IGPAI, Lisboa, Portugal.
- OPOKU, B. (2007). Suitability of different reactive filter media for onsite wastewater. Dissertação de Mestrado, KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suécia.
- PAVELIC, P.; DILLON, P.; MUCHA, M.; NAKAI, T.; BARRY, K.; BESTLAND, E. (2011). Laboratory Assessment of Factors Affecting Soil Clogging of Soil Aquifer Treatment Systems. *Water Research* v.45, n.10, p.3153-3163.
- PESCOD, M. (1992). Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Natural Resources Management and Environment Department.
- RAMÍSSIO, P. (2007). Retenção de metais pesados de escorrência rodoviárias por filtração reactiva. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- SILVA, F. (2011). Estudo do Potencial de Recarga de Aquíferos com Águas Residuais Tratadas utilizando Sistemas de Informação Geográfica. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 87p.
- SILVA, F. (2015). Avaliação da capacidade reativa de solos residuais destinados à infiltração de águas residuais tratadas. Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 490p.
- TALAAT, H.; EL DEFRAWY, N.; ABULNOUR, A.; TAWFIK, A. (2011). Evaluation of heavy metals removal using some Egyptian clays. *Proc. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology, IPCBEE*, v.6, p.37-42.
- WU, Y.; ZHANG, S.; GUO, A.; HUANG, H. (2008). Adsorption of chromium(III) on lignin, *Bioresource Technology*, v.99, n.16, p.7709-7715.



48º CONGRESSO DA ASSEMAE: PRINCIPAL FÓRUM NACIONAL PARA O DEBATE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO BÁSICO.



**48º CONGRESSO NACIONAL
DE SANEAMENTO DA ASSEMAE**
ALTERNATIVAS DE FINANCIAMENTOS
PARA O SANEAMENTO PÚBLICO
27 A 30 DE MAIO DE 2018 | FORTALEZA - CE



NÚMEROS COMPROVAM O SUCESSO DO EVENTO:

- ✓ 1.500 participantes (com representantes de todos os estados brasileiros)
- ✓ 35 horas de programação (com atividades simultâneas)
- ✓ 11 mesas-redondas
- ✓ 03 painéis principais
- ✓ 06 minicursos
- ✓ 183 trabalhos técnicos
- ✓ 15 apresentações de tecnologias
- ✓ 75 palestrantes
- ✓ 53 estandes na feira de saneamento básico

EM 2019, TEMOS UM
ENCONTRO MARCADO NA
CAPITAL MATO-GROSSENSE:

**49º Congresso Nacional de
Saneamento da Assemæe**

06 a 09 de maio de 2019
Centro de Eventos do Pantanal
Cuiabá / MT

PATROCÍNIO MASTER



Fundação
Nacional
de Saúde



MINISTÉRIO DA
SAÚDE



APOIO INSTITUCIONAL



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ

PATROCÍNIO PRATA



PATROCÍNIO BRONZE

REALIZAÇÃO



Associação Nacional dos Serviços
Municipais de Saneamento