

**INSTITUTO DOCTUM DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA**

**A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE SANEAMENTO: UMA  
ALTERNATIVA VIABILMENTE ECONÔMICA E  
SUSTENTÁVEL**

**Márcio Teixeira de Souza  
Messias Rocha de Paula**

Caratinga  
2010

**Márcio Teixeira de Souza  
Messias Rocha de Paula**

**A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE SANEAMENTO: UMA  
ALTERNATIVA VIAVELMENTE ECONÔMICA E  
SUSTENTÁVEL**

Monografia apresentada ao Instituto Doctum de Educação e Pesquisa como parte das exigências para conclusão do Curso e Graduação em Engenharia Civil e como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Msc. Alessandro Saraiva Loreto.

Caratinga

2010

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

A monografia intitulada: **A Reciclagem de Resíduos de Saneamento: Uma Alternativa Viavelmente Econômica e Sustentável**. Elaborada pelos alunos: **Márcio Teixeira de Souza e Messias Rocha de Paula** foi aprovado por todos os membros da banca examinadora e aceita pelo curso de **Engenharia Civil** das faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de

### ***BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL***

**Caratinga, 17 de dezembro de 2010**

---

**Orientador – Alessandro Saraiva Loreto**

---

**Examinador – Sanderson Rocha Dutra Gouvêa**

---

**Examinador – Penha Lúcia**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus por nos ter dado a oportunidade da vida plena, aos colegas que estiveram juntos ao longo do curso.

A família sempre presente, vocês são o motivo de tudo.

Aos mestres que ao transmitirem seus conhecimentos, fizeram acreditar que éramos capazes de realizar este projeto - e fomos.

As mulheres de nossas vidas, que sabiamente tiveram paciência e acreditaram, estamos de volta.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização de mais este projeto de vida.

## **RESUMO**

Nos dias atuais, o conceito de saúde está intrinsecamente ligado ao conceito de Saneamento Básico. Referir-se a saúde sem se falar em Saneamento Básico demonstra desconhecimento do inter-relacionamento entre esses dois fatores, principalmente nas suas causas e efeitos. A importância do saneamento e sua associação com a saúde humana têm sua origem nas mais antigas culturas, desenvolvendo-se em função das mesmas, isto é, regredindo ou evoluindo em função da queda ou aparecimento de novas civilizações. Podemos dizer que Saneamento Básico é a maneira mais direta e inteligente de se melhorar as condições de vida de uma determinada comunidade, no que concerne a saúde de sua população, através da implantação de serviços públicos ditos essenciais, a exemplo de Limpeza Urbana, Sistema de Abastecimento de Água, Sistema de Esgotamento Sanitário, dentre outros. Este trabalho constitui-se de revisão bibliográfica de cunho qualitativo e pretende abordar aspectos inerentes à formação e disposição de resíduos a partir do processo de tratamento de esgoto, principalmente, o lodo apresentando os agravantes ocasionados por este tipo de resíduo quando o mesmo não é despejado em locais adequados e ainda destacar as principais alternativas de reciclagem desse tipo de resíduo, principalmente para fins agrícolas que apresenta-se como um meio viável a nível econômico e tecnológico conforme as pesquisas aqui utilizadas.

**Palavras-chave:** Resíduos. Saneamento. Tratamento de Lodo. Reciclagem.

## **ABSTRACT**

Nowadays, the concept of health is intrinsically linked to the concept of sanitation. Referring to health not to mention a Sanitation demonstrates ignorance of the interrelationship between these two factors, especially in its causes and effects. The importance of sanitation and its association with human health have their roots in more ancient cultures, developing in the same function, regressing or progressing because of the fall or the emergence of new civilizations. We can say that Sanitation is the most direct and intelligent way to improve the living conditions of a particular community, regarding the health of its people through the deployment of so-called essential public services, like Clean Urban System Water Supply, Sewage System, among others. This work consisted of a qualitative review and intends to address issues inherent in the formation and disposal of waste from the sewage treatment process, especially the clay showing aggravations caused by this type of waste when it is evicted in appropriate locations and also highlight the main alternatives such as waste recycling, especially for agricultural purposes which presents itself as a viable way to level economic and technological research as used herein.

**Keywords:** Waste. Sanitation. Sludge treatment. Recycling.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Situação da disposição de resíduos sólidos urbanos em MG no ano de 2001.....	16
<b>FIGURA 2:</b> Situação da disposição de resíduos sólidos urbanos em MG no ano de 2005.....	17
<b>FIGURA 3:</b> Situação da disposição de resíduos sólidos urbanos em MG no ano de 2008. ....	17
<b>FIGURA 4:</b> Metas da FEAM a serem atingidas até o final de 2011.....	18
<b>FIGURA 5:</b> Estação de tratamento de esgoto de Ipatinga (ETE IPANEMA)	30
<b>FIGURA 6:</b> Elevatória de águas pluviais.....	30
<b>FIGURA 7:</b> Águas pluviais nas redes coletoras.....	30
<b>FIGURA 8:</b> Placa de identificação.....	30
<b>FIGURA 9:</b> Profissional encarregado.....	30
<b>FIGURA 10:</b> Caixas de distribuição.....	31
<b>FIGURA 11:</b> Resíduos não tratados.....	31
<b>FIGURA 12:</b> Reator anaeróbio.....	31
<b>FIGURA 13:</b> Reator anaeróbio.....	31
<b>FIGURA 14:</b> Filtros biológicos.....	32
<b>FIGURA 15:</b> Queimador de Gás.....	32
<b>FIGURA 16:</b> Placa de sinalização de advertência.....	33
<b>FIGURA 17:</b> Resíduo tratado.....	33
<b>FIGURA 18:</b> Resíduo desidratado.....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1:</b> População Residente, por Situação de Domicílio – 1940/2000. Fonte: LOBO, L. <i>Saneamento Básico: em Busca da Universalização</i> . Brasília, Editora do Autor, 2003.....	19
--	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
3. JUSTIFICATIVA .....	12
4. METODOLOGIA.....	14
5. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
CAPÍTULO I – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DE SANEAMENTO .....	15
1.1. A problemática da Água e do Saneamento no Brasil .....	19
CAPÍTULO II - RESÍDUOS SÓLIDOS E A FORMAÇÃO DO LODO DE ETE'S E ETA'S .....	25
2.1. Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários .....	28
CAPÍTULO III - DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SANEAMENTO (LODO DE ETA'S E ETE'S) E AS ALTERNATIVAS DE SEU REUSO ATRAVÉS DA RECICLAGEM AGRÍCOLA.....	34
3.1. Estudos realizados tendo em vista a utilização do lodo de esgoto em sistemas agricultoráveis .....	38
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	42

## 1. INTRODUÇÃO

As constantes transformações tecnológicas e o crescente desenvolvimento econômico mundial têm possibilitado grandes benefícios à sociedade em geral. Mas, estes aliados ao crescimento populacional e a um comportamento de consumo inadequado, acarretam por sua vez, grandes efeitos colaterais ao meio ambiente, destacando-se entre eles a poluição, uma das causas que mais degradam o meio ambiente e reduzem a qualidade de vida do homem (ERNANDES, 2006, p.13-14)

A crescente urbanização em nosso país tem apresentado nas últimas décadas uma nova realidade social da população, onde o contínuo aumento do número de cidades e superlotação nas já existentes tem implicado na necessidade de estabelecer por parte dos órgãos públicos responsáveis uma nova política administrativa que vise atender às exigências decorrentes dessas aglomerações urbanas. No que tange às instituições públicas responsáveis pelo atendimento e a prestação de serviços à população, percebe-se que

A estrutura dos serviços públicos deve se fundamentar numa análise precisa e concludente que caracterize o nível de adensamento e de distribuição das diversas áreas do espaço físico urbano, especialmente no atendimento das necessidades relacionadas à água, ao esgoto e à limpeza urbana (PLANO DE SANEAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, s/d, p.8)

O destino final dos resíduos produzidos nos sistemas de tratamento de água e esgoto tem sido motivos preocupantes por parte da sociedade em geral, pois, mesmo através da adequação da maioria dos países desenvolvidos quanto ao gerenciamento de resíduos produzidos no processo de tratamento destes sistemas, existem ainda muitas Estações de Tratamento de Água (ETA's) e Esgoto (ETE's) que lançam esses resíduos diretamente nos cursos d'água, principalmente nos países em desenvolvimento (ANDREOLI e PINTO, 2001, p.19)

Portella (et al, 2003, p.1) consideram a formação do lodo como sendo o resíduo que mais se destaca nas ETA's e ETE's, pois, este fica situado nos decantadores de ambas as estações de tratamento sendo assim, considerado pelos órgãos públicos ambientais como elemento de grande potencial poluidor e nocivo ao

meio ambiente. Por esta razão, têm-se exigido a definição de alternativas adequadas e viáveis de disposição final desse lodo.

A consistência de dados extraídos de fontes diversas constitui uma primeira preocupação quando se analisa a questão dos resíduos sólidos. Neste sentido, as informações apresentadas ao longo deste estudo, passaram por um processo intenso de checagens e cruzamento de informações através do embasamento de fontes diversas, visando o estabelecimento de idéias no intuito de favorecer a fiel representação da realidade atual inerente à temática a qual pretende-se abordar neste trabalho.

De acordo com o artigo 2º da Lei de nº 8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente, “considera-se poluição do meio ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência de normas e leis, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo” e que, portanto, são prejudiciais à segurança, ao uso e ao gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

## **2. OBJETIVOS**

Para contribuir com o aprofundamento desta importante discussão, o presente trabalho tem por objetivo elaborar uma conceituação teórica a respeito do processo de formação de lodo de ETE's e os benefícios oportunizados pela reciclagem deste resíduo, principalmente para fins agrícolas, refletindo também sobre o crescente aumento desordenado de resíduos sólidos (lodo de água e esgoto) gerados pela população brasileira e mundial na atualidade.

Pretende-se também através de levantamento de dados e ida à campo de pesquisa, refletir sobre o processo de tratamento de resíduos de esgoto tratados pela Estação de Tratamento de Esgoto de Ipanema, situada na cidade de Ipatinga – MG, tendo em vista afirmar o método como meio viável para questões inerentes ao saneamento básico, bem como, a reciclagem deste resíduo.

### 3. JUSTIFICATIVA

Partindo do pressuposto de que um sistema para estar em equilíbrio é aquele onde as populações, no caso a do homem, devem produzir substâncias que sejam úteis para toda a sociedade, e que a poluição vai existir toda vez que resíduos (sólidos, líquidos ou gasosos) produzidos por microorganismos, ou lançados pelo homem na natureza, forem superior à capacidade de absorção do meio ambiente, provocando alterações na sobrevivência das espécies, este trabalho justifica-se pela importância da conscientização a despeito da atual situação que contempla questões relacionadas aos resíduos sólidos do saneamento gerados pelas ETA's e ETE's (esta última que será abordada de forma mais aprofundada neste trabalho) como por exemplo, a formação do Lodo ao longo desse processo, suas implicações ambientais, e os benefícios da reciclagem dos resíduos de saneamento.

Diante da relevância da abordagem desta temática a qual pretende se evidenciar no decorrer deste trabalho, o mesmo transcorre-se fundamentado tendo em vista as seguintes constatações:

- O constante crescimento urbano todos os anos e o aumento da produção industrial, tecnológica e do consumo de recursos naturais disponíveis no meio ambiente;
- A demanda pelo tratamento de água e esgoto tendo em vista o acréscimo populacional e urbano;
- A formação de biossólidos nas ETA's e ETE's e as alternativas de uso desses resíduos de saneamento, e principalmente a reciclagem, como por exemplo, a produção de fertilizantes agrícolas enriquecedores de macro e micronutrientes do solo.

No Capítulo I destacaremos algumas considerações gerais a despeito dos resíduos de uma maneira mais ampla e em seguida, restringiremos essa abordagem voltando-se para uma abordagem relacionada à questão dos resíduos de saneamento.

No Capítulo II, o enfoque literário será voltado para à questão do saneamento e à formação de resíduos em ETA's e de ETE's citando algumas situações inerentes aos problemas gerados pela formação de resíduos e de forma específica, a formação de lodo nas ETE's tomando-se como exemplo a ETE de Ipanema situada

na cidade de Ipatinga – Minas Gerais, e por último, a não disponibilização dos mesmos em locais apropriados a este fim.

No Capítulo III, trataremos do assunto chave deste trabalho, onde faremos menção à disposição final dos resíduos sólidos de saneamento e as alternativas de seu reuso através da reciclagem em especial, a reciclagem agrícola.

#### 4. METODOLOGIA

Segundo Carvalho (1998), as pretensões iniciais do pesquisador devem apontar para o levantamento de dados como a forma preferida de pesquisa para o caso em pauta. Para desenvolvimento desta pesquisa pretende-se estabelecer as seguintes condições: coletar informações predominantemente verídicas e fundamentadas quanto a temática apresentada; comparar informações quanto a pesquisas já realizadas e/ou em andamento a despeito da formação de lodo de água e esgoto enquanto resíduos de saneamento e as alternativas viáveis para seu reciclo mencionados em livros, documentos eletrônicos, revistas acadêmico-científicas da área para que dessa forma seja possível atingir os objetivos propostos neste trabalho.

A consistência de dados extraídos de fontes diversas constitui uma primeira preocupação quando se analisa a questão dos resíduos sólidos. Neste sentido, as informações apresentadas ao longo deste estudo, passaram por um processo intenso de checagens e cruzamento de informações através do embasamento de fontes diversas, visando o estabelecimento de idéias no intuito de favorecer a fiel representação da realidade atual inerente à temática a qual pretende-se abordar neste trabalho.

Para que fosse possível a fundamentação desse estudo, fez-se necessário a relação entre o foco da pesquisa a ser estudado e o método de levantamento de dados, bem como, ida à campo de pesquisa, visando compreender melhor as causas e questões inerentes à falta de tratamento de esgoto, uma vez que nos encontramos em uma região que passa como tantas outras por problemas ambientais e de saneamento.

A pesquisa foi embasada no levantamento de dados, sendo, portanto, constituída de revisão de literatura e apresentando caráter teórico-qualitativo.

Neste estudo, interessou-nos a abordagem de resíduos sólidos gerados pelas Estações de Esgoto, de forma particular, a formação de lodo pós processo de Tratamento oriundo da ETE de Ipanema situada na cidade de Ipatinga – MG.

## 5. REVISÃO DE LITERATURA

### CAPÍTULO I – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DE SANEAMENTO

De acordo com Silva (2007), o colapso do saneamento ambiental no Brasil chegou a níveis insuportáveis. A falta de água potável e de esgotamento sanitário é responsável, hoje, por cerca de 80% das doenças e 65% das internações hospitalares. Além disso, 90% dos esgotos domésticos e industriais são despejados sem qualquer tratamento nos mananciais de água. Os lixões, muitos deles situados às margens de rios e lagoas, são outro foco de problemas. O debate sobre o tratamento e a disposição de resíduos sólidos urbanos ainda é negligenciado pelo Poder Público.

Conforme cita a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997), a palavra lixo, deriva-se do latim *lix* e significa “cinza”, sendo vista portanto como sujeira, imundície, coisa inútil, sem valor.

São restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semi-sólido ou semilíquido (com conteúdo insuficiente para que este líquido possa fluir livremente) (ABNT, 1997).

Ficam ainda incluídos nesta definição, tudo o que resta dos sistemas de tratamento de água e esgoto, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou aqueles líquidos que exijam para isso soluções técnicas e economicamente viáveis de acordo com a melhor tecnologia disponível (SEBRAE/RJ, 2006, p.6).

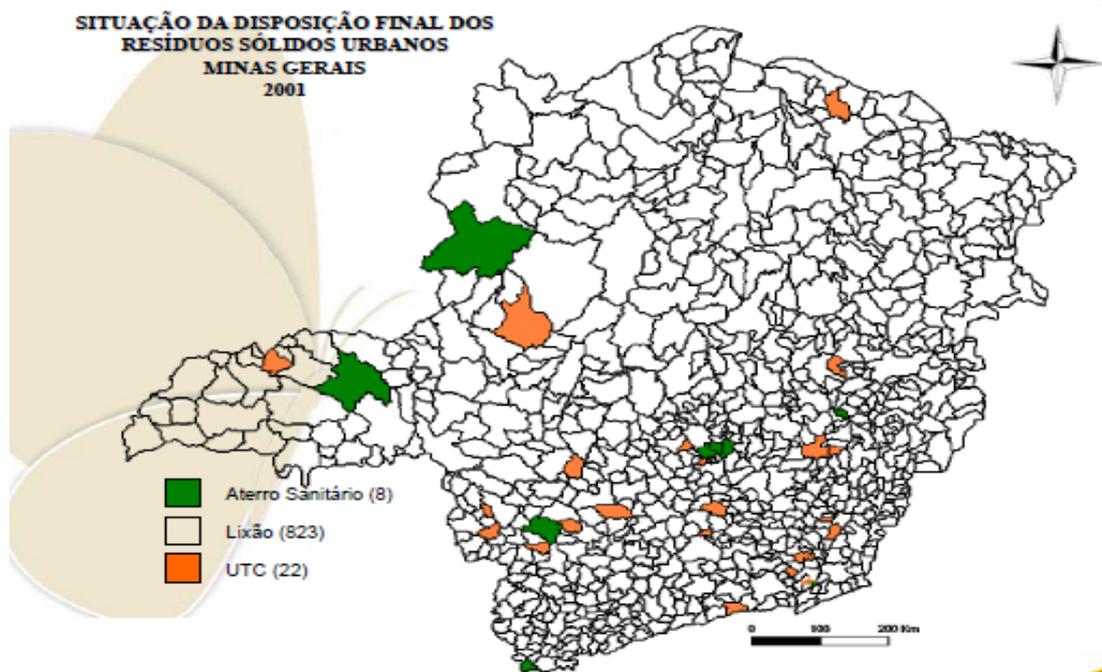
De acordo com Cassola (et al, 2007, p.1), na pré-história, o lixo gerado era formado basicamente de restos alimentares, que facilmente eram decompostos pela natureza. A partir da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, quando surgiram às primeiras indústrias na Europa, passou-se a produzir produtos em larga escala e a introduzir novas embalagens no mercado. A quantidade e a diversidade de resíduos aumentaram significativamente.

Com relação às formas utilizadas para destinação final do lixo no Brasil, pode-se destacar que 86,4% dos municípios utilizam-se de vazadouros a céu aberto, 1,8%

fazem uso de vazadouros em áreas alagadas e 9,6% possuem aterros controlados, havendo também áreas destinadas a receber toneladas de lixo sem, contudo, possuírem infra-estrutura adequada capaz de evitar os danos conseqüentes desta atividade, tendo assim seu uso futuro comprometido (SANTOS, 2000, s/p), Dentre os problemas oriundos da disposição de grandes quantidades de lixo, pode-se ressaltar a poluição do ar, das águas e do solo, além da proliferação de insetos e (SISINNO, 1996, p.516).

No estado de Minas Gerais, as figuras abaixo nos permitem constatar diferenças significativas quanto à situação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos referentes ao período de 2001 a 2008:

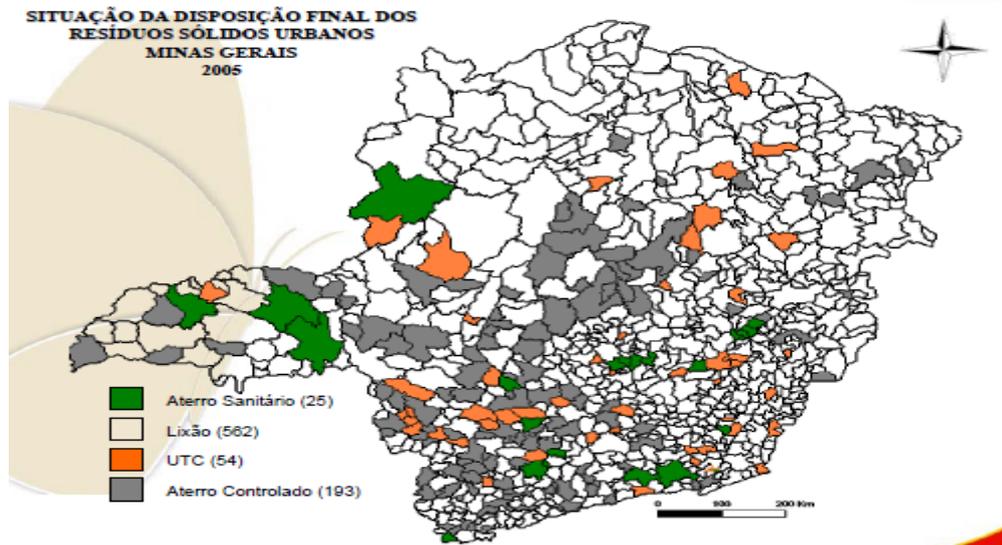
**Figura 1: Situação da disposição de resíduos sólidos urbanos em MG no ano de 2001.**



Fonte: [http://www2.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/hotsites/2010/parlamento\\_jovem/docs/minas\\_sem\\_lixoes.pdf](http://www2.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/hotsites/2010/parlamento_jovem/docs/minas_sem_lixoes.pdf)

No ano de 2001, percebemos que existiam em todo estado apenas oito cidades com aterros sanitários, 823 destinavam os resíduos em lixões e 22 cidades possuíam Usinas de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos.

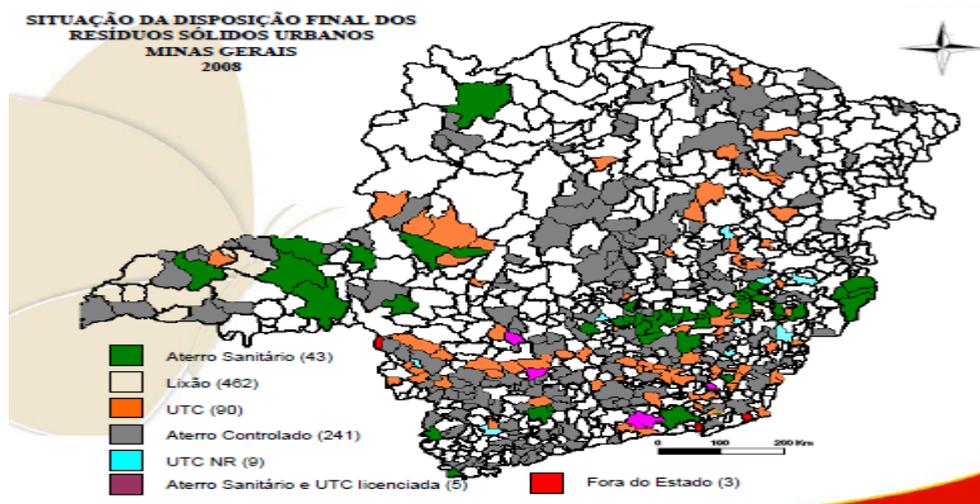
**Figura 2: Situação da disposição de resíduos sólidos urbanos em MG no ano de 2005.**



Fonte: [http://www2.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/hotsites/2010/parlamento\\_jovem/docs/minas\\_sem\\_lixoes.pdf](http://www2.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/hotsites/2010/parlamento_jovem/docs/minas_sem_lixoes.pdf)

Na figura 2, verificamos um aumento considerável com relação aos dados anteriores, onde 25 cidades mineiras contavam com aterros sanitários (não controlados), 562 cidades destinavam o lixo aos lixões, 54 cidades possuíam Usinas de Triagem e Compostagem, e 193 cidades faziam uso de aterros sanitários controlados.

**Figura 3: Situação da disposição de resíduos sólidos urbanos em MG no ano de 2008.**

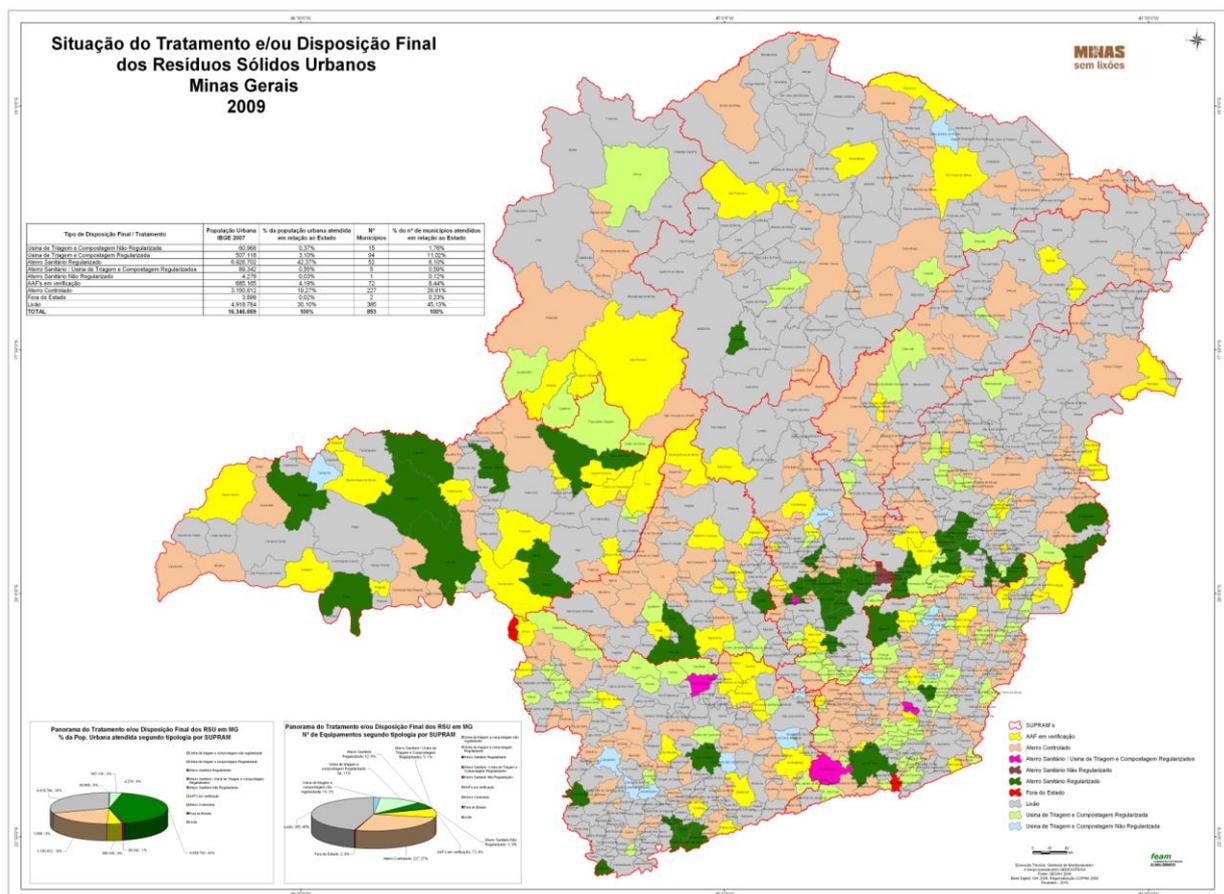


Fonte: [http://www2.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/hotsites/2010/parlamento\\_jovem/docs/minas\\_sem\\_lixoes.pdf](http://www2.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/hotsites/2010/parlamento_jovem/docs/minas_sem_lixoes.pdf)

No ano de 2008, novos valores. Constatamos a existência de 43 aterros sanitários (não controlados), 462 lixões, 90 Usinas de Triagem e Compostagem, 241 aterros sanitários controlados, nove Usinas de Triagem e Compostagem não regulamentadas e cinco aterros sanitários e Usinas de Triagem e Reciclagem licenciadas.

De acordo com a Fundação Estadual do Meio Ambiente o Programa “Minas sem lixões”, pretende-se até o final do ano de 2011, mudar ainda mais esses valores. De acordo com as estimativas, podemos perceber através da figura abaixo as seguintes metas no ano de 2011:

**Figura 4: Metas da FEAM a serem atingidas até o final de 2011.**



Fonte: <http://www.feam.br/minas-sem-lixoes>

Espera-se que até o fim de 2011, 80% dos lixões ainda existentes sejam extintos e que 60% dos resíduos sólidos urbanos sejam dispostos em sistemas e locais adequados (FEAM, 2010).

## 1.1. A problemática da Água e do Saneamento no Brasil

Em nossa sociedade, a exploração dos recursos naturais, dentre eles a água, de forma bastante agressiva e descontrolada, levou a uma crise socioambiental bastante profunda. Hoje deparamos com uma situação na qual estamos ameaçados por essa crise, que pode se tornar um dos mais graves problemas a serem enfrentados neste século (BACCI e PATACA, 2008).

Nesse contexto, este capítulo destina-se a apresentar informações básicas referentes ao setor de saneamento, principalmente da prestação de serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no País.

De acordo com Lobo (2003 apud Moreira, 2006, p.17) na década de 1940 a população urbana era de aproximadamente 12 milhões de habitantes, população esta que poderia até enfrentar problemas com o abastecimento de água, mas eram problemas pequenos, considerando-se que essas 12 milhões de pessoas estavam distribuídas por todas as cidades brasileiras. A falta de água era resolvida com pequenos sistemas de distribuição. Assim, a necessidade de saneamento, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário – diferentemente da água, luz, pavimentação - não se apresentava como uma demanda social.. A tabela abaixo nos permite compreender o aumento populacional residente por domicílio no período correspondente à década de 1940 a 2000.

ANOS	TOTAL	URBANA	%	RURAL	%
1940	41.236.315	12.880.182	31	28.356.133	69
1950	51.944.397	18.782.891	36	32.161.506	64
1960	70.070.457	31.303.034	45	38.767.423	55
1970	93.139.037.	52.084.984	56	41.054.053	44
1980	119.002.706	80.436.409	68	38.566.297	32
1991	146.825.475	110.990.990	76	35.834.485	24
1996	157.070.163	123.076.831	78	33.993.332	22
2000	169.799.170	137.753.959	81	31.845.211	19

Tabela 1 – População Residente, por Situação de Domicílio – 1940/2000. Fonte: LOBO, L. *Saneamento Básico: em Busca da Universalização*. Brasília, Editora do Autor, 2003

Os problemas mais graves que afetam a qualidade da água de rios e lagos decorrem, em ordem variável de importância, segundo as diferentes situações, de esgotos domésticos tratados de forma inadequada, de controles inadequados dos

efluentes industriais, da perda e destruição das bacias de captação, da localização errônea de unidades industriais, do desmatamento, da agricultura migratória sem controle e de práticas agrícolas deficientes. Os ecossistemas aquáticos são perturbados, e as fontes vivas de água doce estão ameaçadas.

O Brasil pode ser considerado um país privilegiado, com 13% de toda água doce do planeta, perfazendo 5,4 trilhões de metros cúbicos. No entanto, é desigualmente distribuída: 70% na região amazônica, 15% no Centro-Oeste, 6% no Sul e no Sudeste e 3% no Nordeste. Apesar da abundância, o recurso não tem sido bem utilizado, pois 46% dela são desperdiçados, o que daria para abastecer toda a França, a Bélgica, Suíça e o Norte da Itália. É urgente, portanto, um novo padrão cultural (LEMOS, 2004).

O acesso ao abastecimento de água potável é vital para a saúde. A água não só é essencial para beber, mas também é necessária para a boa higiene e o saneamento, os quais ajudam a proteger a saúde das famílias e comunidade. A água é um recurso freqüentemente disputado, porque há muitos usuários competindo pelo acesso a ela e porque muitas pessoas não possuem água suficiente para as suas necessidades (SALVADOR, 2006).

De acordo Ferreira, Silva e Werneck (2008), a utilização da água nas diversas atividades humanas tem conseqüências muito variadas sobre o corpo d'água. O recurso hídrico pode ser usado com derivação de águas, por exemplo, no abastecimento urbano e industrial, na irrigação, na aqüicultura, ou sem derivação de águas, como é o caso, em geral, da geração hidrelétrica, navegação fluvial, pesca, recreação, assimilação de esgotos etc.

Souza e Ferreira (1999) afirma que a disponibilidade de recursos hídricos em todas as regiões do mundo tem diminuindo no sentido quantitativo e qualitativo, devido ao crescimento demográfico e econômico das sociedades modernas.

A poluição de corpos hídricos torna a água imprópria para consumo, pois, de acordo com Rebouças et al (1999), poluição é a contaminação da água com substâncias que interferem na saúde das pessoas e animais, na qualidade de vida e no funcionamento dos ecossistemas.

Historicamente o desenvolvimento urbano e industrial ocorreu ao longo dos rios devido à disponibilidade de água para abastecimento e a possibilidade de utilizar o rio como corpo receptor dos dejetos.

A poluição hídrica pode ser definida como qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos pelo CONAMA<sup>1</sup>. Para a classe de água, conforme o seu uso preponderante. Considera-se a ação dos agentes: físicos materiais (sólidos em suspensão) ou formas de energia (calorífica e radiações); químicos (substâncias dissolvidas ou com potencial solubilização) e biológicos (microorganismos) (FEEMA, 1992).

A poluição origina-se devido a perdas de energia, produtos e matérias primas, ou seja, devido à ineficiência dos processos industriais, a questão fundamental é o ponto de equilíbrio entre a produção industrial e a conservação do meio ambiente. Somente a utilização de técnicas de controle da poluição não é suficiente, mas é importante a busca incessante da eficiência do processo industrial, sem a qual a indústria torna-se obsoleta e é fechada pelo próprio mercado (LOUREIRO, 2004).

A eficiência industrial é o primeiro passo para a eficiência ambiental. A poluição pelos efluentes líquidos industriais deve ser controlada inicialmente pela redução de perdas nos processos, incluindo a utilização de processos mais modernos, arranjo geral otimizado, redução do consumo de água incluindo as lavagens de equipamentos e pisos industriais, redução de perdas de produtos ou descarregamentos desses ou de matérias primas na rede coletora (LOUREIRO, 2004).

A manutenção das instalações industriais também é fundamental para a redução das perdas por vazamentos e o desperdício de energia. Além da verificação da eficiência do processo deve-se questionar se o processo industrial adotado é o mais moderno, considerando-se a sua viabilidade técnica e econômica (GARRIDO, 1999).

Após a otimização do processo industrial, as perdas causadoras da poluição hídrica devem ser controladas pelos processos de tratamento de efluentes. Os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a

---

<sup>1</sup> Conselho Nacional do Meio Ambiente - órgão consultivo, que tem como objetivo assessorar, estudar, e propor diretrizes e políticas governamentais para meio ambiente e recursos naturais. O principal objetivo do Conama é proporcionar equilíbrio ambiental e uma sadia qualidade de vida aos seres humanos.

legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; a interação com a vizinhança; confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reúso dos efluentes tratados (GIORDANO,1999).

De acordo com Gazzoni (2004) os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e/ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida e líquida. Sendo assim se não houver a formação de gases ou lodo, não podemos considerar que houve tratamento.

Tendo como fio condutor o reconhecimento de que existe um vínculo indissolúvel entre a ação humana sobre a natureza e desta sobre os seres vivos e o próprio homem ganham importância as atividades relacionadas à saúde ambiental, em particular aquelas abarcadas sob a denominação de saneamento básico: o abastecimento de água, a coleta e tratamento dos esgotos, a disposição adequada dos resíduos sólidos, a drenagem urbana, o controle dos vetores, complementadas pelas que se direcionam à minimização das vulnerabilidades aos desastres naturais e situações geradas pelos extremos climáticos (HIRANO, 2001, p. 2)

No Brasil, o desenvolvimento das ações de saneamento, historicamente, esteve vinculado aos aspectos econômicos, interesses dominantes, os quais foram os principais determinantes do caráter das ações coletivas, ou seja, não considerando de fato a superação das carências sociais do país o que determinou a exclusão de diversos segmentos da sociedade e das políticas de saneamento, as quais predominaram nas áreas de interesse econômico. Assim, os investimentos prioritários no setor foram em abastecimento de água, em detrimento das ações menos lucrativas, o que fragmentou a visão do saneamento, se manifestando também institucionalmente em uma precária interação entre governos estaduais e os municípios (REZENDE e HELLER, 2002).

Para Albuquerque (2006 apud Moreira, 2006, p.40), o setor de saneamento se afigura como um dos principais usuários dos recursos hídricos pois, apesar da hegemonia dos setores agrícola e de energia elétrica na exploração dos recursos, as

ações de saneamento têm papel fundamental para a garantia dos níveis de qualidade e quantidade dos mananciais. Além disso, embora a gestão dos recursos hídricos busque manter uma neutralidade ante a disputa pelo uso dos recursos entre os diferentes setores usuários, o uso da água para o abastecimento público é prioritário, por determinação da Lei 9.433/97<sup>2</sup>

Para Oliveira (2004, p.8), o saneamento tem sido tema de grandes debates por parte das organizações públicas e privadas em nosso país, que por sua vez, tem apresentado considerável desenvolvimento e crescimento econômico nos últimos tempos. Por essa razão, questões referentes à infra-estrutura adequada e universalidade do atendimento dos serviços de saneamento básico são fatores cruciais para a identificação de desenvolvimento sustentável do Brasil. Ainda de acordo com as considerações de Oliveira (2004, p.8):

Ao se refletir sobre o conceito de desenvolvimento humano, como sendo o direito a uma vida saudável e longa e ao acesso às informações e aos recursos que possibilitem melhorar suas condições de vida, percebe-se que as ações necessárias para produzir tal progresso, por vezes, entram em choque com o conceito de crescimento econômico. Este traz consigo a tendência à exploração dos recursos naturais a um grau e velocidade maiores do que a capacidade de restauração natural que ocorre no ciclo da biosfera (OLIVEIRA, 2004, p.8)

Pode-se dizer que assim como outros setores relacionados à infra-estrutura, o setor de saneamento, encontra-se em um processo de grande transição onde uns já se encontram com arcabouços jurídicos legais e oportunidades mais avançadas e outros ainda encontram-se em processo de estruturação como é o caso do saneamento, que ainda passa por desafios relacionados à redução do descompasso entre os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário; o estabelecimento de um nível de tarifa compatível com a capacidade de pagamento do consumidor; e a constituição de um marco regulatório adequado à realização de concessões ao setor privado (BARBOSA, BETTINE e DEMANBORO, 1999, p.5).

A falta de saneamento básico além de prejudicar a saúde da população, eleva os gastos da saúde com o tratamento às vítimas de doenças causadas pela falta de

---

<sup>2</sup> Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

abastecimento de água adequado, sistema de tratamento de esgoto e coleta de lixo (PORTAL DIA-A-DIA EDUCAÇÃO, 2010, p.1)

De acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001, p. 12), a interdependência dos conceitos de meio ambiente, saúde e saneamento é hoje bastante evidente o que reforça a necessidade de integração das ações desses setores em prol da melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

Uma das grandes preocupações relacionadas à eficiência do saneamento em nosso país refere-se à qualidade e à demanda de água, cujas propriedades são essenciais para a existência dos seres vivos. Nesse sentido, as grandes cidades, que são as que têm maiores demandas por água, tendem a ser as maiores poluentes dos recursos hídricos, comprometendo a existência futura de água de qualidade para a utilização dos seus próprios habitantes (OLIVEIRA, 2004, p.9)

Assim, verifica-se que a questão do saneamento básico tem buscado novas propostas que atendam às demandas econômicas, administrativas, jurídicas, financeiras, educativas, tecnológicas, sociais, ambientais, biológicas, químicas, físicas, geográficas e históricas, sem mencionar a busca pelo conhecimento eminente de engenharia, indispensável para a constituição dos sistemas essenciais do saneamento básico (OLIVEIRA, 2004, p.9).

## **CAPÍTULO II - RESÍDUOS SÓLIDOS E A FORMAÇÃO DO LODO DE ETE'S E ETA'S**

Como mencionado anteriormente, vimos que no passado, o núcleo populacional era pequeno e resultava também uma baixa demanda de água. Porém, com o aumento considerável das concentrações populacionais em todo mundo e conseqüência disto o desenvolvimento de grandes centros urbanos sem planejamento, o consumo e a busca por água de qualidade aumentaram consideravelmente (BETTIOL e CAMARGO, 2000, p.8).

Juntamente a esse aumento, houve também um crescimento da poluição, bem como de dificuldades para controlar e manejar corretamente os resíduos gerados, tanto que no caso do Brasil, cerca de 10 bilhões de litros de esgoto residencial e industrial são lançados nos rios sem passar por algum tipo de tratamento prévio, gerando graves problemas de saúde e ambientais.

De acordo com Capana (et al, 2006, p.1) a necessidade de tratamento de águas residuárias é reconhecida, porém, por falta de recursos, essas ações costumam ser rejeitadas, causando degradação do meio ambiente e problemas de saúde à população.

55 % dos distritos brasileiros possuem coleta de esgoto; todavia, menos de 10% de todo o esgoto gerado recebe algum tipo de tratamento antes de ser descartado nos rios, ocasionando a eutrofização das águas e a propagação de doenças hidrotansmissíveis, responsáveis pelos altos índices de mortalidade infantil (IBGE, 2000)

Geralmente, uma estação de tratamento de esgoto (ETE) é constituída por uma série de lagoas, onde a parte sólida do esgoto sedimenta e forma o que é denominado lodo. O líquido sobrenadante é transferido a uma segunda lagoa, onde o restante de matéria orgânica em suspensão ou dissolvida na água é biologicamente oxidada por microorganismos, gerando gás carbônico e água ou mais lodo. Em seguida, a água passa por um tratamento químico a fim de remover metais potencialmente tóxicos e substâncias orgânicas nocivas ao meio ambiente. Todo o lodo gerado é recolhido em lagoas de secagem para ser desidratado, visando atingir um teor de sólidos na faixa de 15% a 40%. Entretanto, atualmente, o tratamento do esgoto vem trazendo um novo problema à sociedade e ao meio

ambiente: a enorme quantidade de lodo gerado, não somente em ETEs, mas também em estações de tratamento de água (ETAs) (BETTIOL, 2000).

Assim, podemos considerar que sociedade de consumo em que vivemos desencadeou uma produção de resíduos sem precedente na história da humanidade (BURKE, 2008, p.3)

A crescente demanda da sociedade pela manutenção e melhoria das condições ambientais tem exigido das autoridades, empresas públicas e privadas, atividades capazes de compatibilizar o desenvolvimento as limitações da exploração dos recursos naturais (GUERRA, 2009, p.40)

Comprender a problemática do lixo e buscar soluções para esses problemas, pressupõem mais do que a adoção de tecnologias, pois, antes de tudo, uma ação na origem do problema exige reflexão não sobre o lixo em si, no aspecto material, mas quanto ao seu significado simbólico, seu papel e sua contextualização cultural, e também sobre as relações históricas estabelecidas pela sociedade com os seus rejeitos (KRAEMER, s/d, p.1)

Para Gadelha (et al, 2008, p. 1), produzidos em todos os estágios das atividades humanas, os resíduos, em termos tanto de composição como de volume, variam em função das práticas de consumo e dos métodos de produção.

Segundo Leripio (2004 apud Kraemer, 2005, p.2), somos a sociedade do lixo, cercados totalmente por ele, mas só recentemente acordamos para este triste aspecto de nossa realidade. Nos últimos 20 anos, a população mundial cresceu menos que o volume de lixo por ela produzido. Enquanto de 1970 a 1990 a população do planeta aumentou em 18%, a quantidade de lixo sobre a Terra passou a ser 25% maior.

Uma pesquisa registrada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística realizado no ano de 2000, conforme a mais recente Pesquisa Nacional de Saneamento Básico constatou que no Brasil há uma produção diária de cerca de 230 mil toneladas de resíduos sólidos. Quase a totalidade desses resíduos é disposta no solo, seja em forma de aterros sanitários, aterros controlados ou vazadouros a céu aberto (POVINELLI e SOBRINHO, 2009, p.20).

Os aspectos legais relativos aos resíduos sólidos têm sido disciplinados pela União, que legisla sobre normas de âmbito geral, pelos Estados, que legislam de forma complementar à União e, pelos Municípios de forma detalhada, através de

suas posturas municipais, quando se tratam de assuntos ligados aos resíduos sólidos domiciliares e aos serviços de limpeza pública (PLANO DE SANEAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, s/d, p.20)

Interessa-nos neste trabalho a abordagem de resíduos sólidos originados a partir do processo de tratamento de esgoto em nosso país. Dentre esses resíduos, podemos mencionar a formação do lodo que tem sido um importante componente colaborador para a poluição do meio ambiente e principalmente nos corpos d'água.

Para Andreoli e Pinto (2006, p. 20), os sistemas de tratamento de esgoto geram um resíduo sólido em quantidade e qualidade variável, denominado genericamente de lodo de esgoto, que a exemplo do lodo proveniente das estações de tratamento de água, necessita de alternativas que tratem da destinação final segura em termos de saúde pública e ambiental aceitáveis.

Embora a gestão do resíduo seja bastante complexa e represente entre 20% e 60% dos custos operacionais de uma estação de tratamento, o planejamento e a execução do destino final têm sido freqüentemente negligenciados nos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Muitas vezes, os projetos de estações de tratamento simplesmente ignoram a forma de destino desse material, que acaba sendo gerenciado em situação emergencial pelos operadores, com altos custos financeiros e ambientais, comprometendo, em alguns casos, os benefícios de todo o sistema de coleta e tratamento de esgotos. (ANDREOLI e PINTO, 2001, p.20)

Para Guerra (2009, p. 40), o destino final do lodo é, portanto, uma atividade de grande importância e complexidade, pois freqüentemente extrapola os limites das estações de tratamento e exige a integração com outros setores da sociedade.

A lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências menciona que a responsabilidade pelos problemas que podem ser causados pelo destino inadequado é sempre dos produtores do resíduo, que podem ser enquadrados na própria lei de crimes ambientais (BRASIL, 1998).

O lodo de ETE's é um resíduo rico em matéria orgânica gerado durante o tratamento das águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Já o termo bio-sólido é o nome dado ao lodo de esgoto, tratado ou processado, com características que permitam sua reciclagem de maneira racional e ambientalmente segura (PIRES, 2009, p.1)

O lodo de água é formado por grande parte de sedimentos e produtos químicos usados no tratamento (sulfato de alumínio ou cloreto férrico). Até a década de 80, o lodo da água era lançado integralmente nos leitos dos rios em todo o mundo até que com a realização de um estudo coordenado pela Agência de Proteção Ambiental norte-americana (EPA, em inglês) a respeito do impacto sobre a fauna e a microfauna aquática, começou-se a pensar em alternativas de reciclagem (NETO, 2005, p.1)

Pesquisas realizadas por Andreoli e Pinto (2001, p. 20), constataram que mais de 90% do lodo produzido no mundo tem sua disposição final por meio de três processos: incineração, disposição em aterros e uso agrícola.

## **2.1. Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários**

De acordo com informações extraídas do Contrato nº 002/2007 do Instituto Mineiro de Gestão das Águas, órgão público responsável pela concessão de direito de uso dos recursos hídricos estaduais, bem como, pelo planejamento e administração de todas as ações voltadas para a preservação da quantidade e da qualidade de águas em nosso estado, e que por sua vez, coordena, orienta e incentiva a criação dos comitês de bacias hidrográficas, entidades que, de forma descentralizada, integrada e participativa, gerenciam o desenvolvimento sustentável da região onde atuam

Em Minas Gerais apenas nove cidades têm algum tipo de tratamento: Catas Altas, Ipatinga, Itabira, Rio Doce e São José do Goiabal com 100% de capacidade; mais Aimorés com 14,88%, Periquito com 20%, São Domingos do Prata com 30% e Virginópolis com 40% (IGAM, 2007).

Na tangente à legislação ambiental, podemos inferir que em face e em decorrência da própria legislação ambiental, os prestadores de serviços de abastecimento e tratamento de água e esgoto devem por obrigatoriedade implantar

unidades de tratamento para o lodo de ETA, ETE e industriais (se houver), tendo em vista o atendimento da Lei de nº9.605 de 12 de fevereiro de 1998<sup>3</sup>.

No Brasil, a disposição final de resíduos de tratamento de ETE e ETA geralmente é o aterro sanitário. Além do alto custo, que pode chegar a 50 % do custo operacional de uma ETE, a disposição de um resíduo com elevada carga orgânica no aterro, agrava ainda mais o problema com o manejo do lixo urbano. Em países da Europa e América do Norte, o lodo geralmente é incinerado, depositado em aterros sanitários ou utilizado em áreas agrícolas, dependendo das características do resíduo. Na maioria dos países existem normas que regulamentam o destino do lodo, garantindo uma disposição segura. A adição ao solo parece ser a melhor opção sob o ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que apresenta o menor custo e promove a reciclagem de matéria orgânica e nutrientes (PIRES, 2010, p.1).

Já no estado de Minas, uma das preocupações mencionadas pelo IGAM (2007, p.8) diz respeito a ausência de unidades de tratamento em determinadas localidades mineiras, o que acarreta meramente numa prestação de serviços de esgotamento sanitário voltado única e exclusivamente à manutenção das redes de coleta, não havendo portanto, controle sobre os efluentes tóxicos de atividades industriais, que podem ser carreados ao corpo receptor gerando um grave passivo ambiental.

Visando prevenir impactos ambientais, a COPASA criou o Programa de Recebimento de Efluentes Não Domésticos – PRECEND que tem por finalidade implementar, estabelecer e desenvolver atividades que interfiram diretamente no meio ambiente, pois, dessa forma, os setores que optarem por lançar seus efluentes na rede pública coletora de esgotos, vão repassar à Copasa a responsabilidade pela destinação correta de seus efluentes, reduzindo o seu custo operacional e atendendo as exigências dos órgãos ambientais para o controle da poluição ambiental (COPASA, 2010). Nas figuras abaixo, podemos conhecer melhor alguns dos principais processos de tratamento empregados em uma ETE da cidade de Ipatinga (MG):

---

<sup>3</sup> Também conhecida como Lei de Crimes Ambientais, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas o meio ambiente, e dá outras providências.

**Figura 5: Estação de tratamento de esgoto de Ipatinga (ETE IPANEMA).**



Fonte: <http://www.pirhdoce.com.br/diagnostico/4.2.pdf>

**Figura 6: Elevatória de águas pluviais.**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

**Figura 7: Gradeamento**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

As águas pluviais coletadas dos leitos de secagem são bombeados para a ETE.

**Figura 8: Placa de identificação**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

**Figura 9: Profissional encarregado**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

Um profissional fica encarregado de manter o fluxo de água coletado de forma que o escoamento dos esgotos ocorra sem problemas visando não permitir

obstruções das tubulações ou demais danos que prejudiquem o perfeito funcionamento de todas as unidades que compõem o sistema de esgotos sanitários.

**Figura 10: Caixas de distribuição**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

**Figura 11: Escuma**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

As caixas de distribuição que por sua vez dividem os esgotos entre os reatores que são responsáveis pelo tratamento biológico.

O tratamento anaeróbio consiste na conversão do esgoto por bactérias anaeróbias, ou seja, os poluentes orgânicos (DBO) da água em grande quantidade de biogás (metano –  $\text{CH}_{4(g)}$ , dióxido de carbono –  $\text{CO}_{2(g)}$  e gás sulfídrico –  $\text{H}_2\text{S}$ ) e efluente tratado.

**Figura 12: Reator anaeróbio**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

**Figura 13: Reator anaeróbio**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

**Figura 14: Filtros biológicos**

Fonte: PAULA, M. R, 2010.

**Figura 15: Queimador de Gás**

Fonte: PAULA, M. R, 2010.

O filtro biológico é responsável pelo polimento secundário do sistema, onde o processo se desenvolve de forma a promover o crescimento microbiano fixo na superfície do recheio do reator.

Os microorganismos se aglomeram e obtêm-se elevadas concentrações de lodo no interior do filtro o que possibilita o descarte desnecessário de lodo.

O efluente é distribuído uniformemente no filtro biológico e percola através dele, e, por razão dos espaços vazios no filtro, a aeração se dá de forma natural uma vez que a temperatura do ar e do esgoto são diferentes.

Uma das maiores vantagens do filtro biológico é que ele propicia o crescimento de uma microflora variada, ainda que as bactérias sejam o principal grupo responsável pela remoção do substrato.

O efluente tratado será encaminhado do filtro para o decantador secundário, onde o excesso de lodo gerado será então separado do efluente tratado (EMBRAPA, s/d, p.4).

**Figura 16: Placa de sinalização de advertência**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

**Figura 17: Resíduo do desarenador (areia)**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

Os gases coletados nas calhas de coleta de gases dos reatores anaeróbios são queimados em um queimador de gases que também sofrerão tratamento.

**Figura 18: Resíduo desidratado**



Fonte: PAULA, M. R, 2010.

Após todo processo de tratamento têm-se a formação do resíduo de lodo tratado, resíduo este rico em matéria orgânica gerado durante o tratamento das águas residuárias na ETE de Ipanema, bem como, nas demais que também fazem uso dos mesmos processos metodológicos de tratamento de esgoto.

### **CAPÍTULO III - DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SANEAMENTO (LODO DE ETA'S E ETE'S) E AS ALTERNATIVAS DE SEU REUSO ATRAVÉS DA RECICLAGEM AGRÍCOLA**

De acordo com Capana (et al, 2006), grandes quantidades de lodo são produzidas diariamente nas grandes cidades do mundo e normalmente este tipo de resíduo é retirado de seu local de origem por caminhões e despejado em aterros sanitários e corpos d'água (no caso do lodo de ETE) ou espalhado por áreas agrícolas, onde é usado como fonte de nutrientes. Quando disposto em aterro sanitário, o lodo de ETE é simplesmente coberto com terra, juntamente com o lixo urbano.

Entretanto, geralmente, o solo não é impermeabilizado nem conta com sistema de drenagem para os líquidos percolados, podendo causar infiltrações que virão a poluir águas subterrâneas. Isto ocasiona um sério problema, uma vez que este resíduo pode conter desde simples óxidos em sua composição, no caso de lodos provindos de ETAs até metais tóxicos e substâncias patogênicas como protozoários, bactérias e vírus, quando proveniente de ETEs (MUNÓZ, 2002).

Estas possíveis soluções de descarte para o lodo trazem uma sensação de tranqüilidade momentânea, ou seja, a curto prazo pois, futuramente, podem acarretar diversos problemas ambientais.

A dificuldade para realizar a disposição final adequada do lodo de esgoto produzido nas estações de tratamento é um problema para os gerentes da área de saneamento no Brasil. No passado, a maior preocupação era com o desenvolvimento e adequação dos processos de tratamento da fase líquida. O lodo era amontoado em áreas das próprias estações, levado para aterros e lixões e até mesmo devolvido aos próprios cursos de água. Atualmente, vem crescendo a atenção com a disposição final do lodo e várias alternativas estão sendo testadas em território nacional (...) Dentre as alternativas existentes, acredita-se que a reciclagem do lodo como biossólido em plantações florestais é uma das mais interessantes (LIRA, GUEDES, SCHALCH, 2008, p.207)

Para Neto (2005, p.1), em se tratando da reciclagem do lodo de esgoto, pode-se dizer que este refere-se a um processo complexo, uma vez que, o volume e a toxicidade deste ocasionados pela contaminação são muito maiores do que no lodo de água, pois, o lodo de esgoto é composto principalmente pelos organismos que

fazem parte da biomassa microbiana, que por sua vez se alimenta dos dejetos da população.

Os níveis precários de coleta e tratamento do esgoto são reflexo do descaso com a qualidade ambiental, justificado pela escassez de recursos. Saneamento básico é, antes de mais nada uma questão de saúde pública. Quando o destino final do lodo não é devidamente equacionado, anulam-se parcialmente os efeitos benéficos da coleta e tratamento dos efluentes (ANDREOLI e PEGORINI, 1998, p.2)

De acordo com Barboza (2007, p.17); Bettiol, Camargo, Bertini (s/d, p.1), as alternativas mais usuais para o aproveitamento ou disposição final do lodo de esgoto ou biossólidos são: disposição em aterro sanitário (aterro exclusivo e co-disposição com resíduos sólidos urbanos); reuso industrial (produção de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica e produção de cimento); incineração (incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos); conversão em óleo combustível; disposição oceânica; recuperação de solos (recuperação de áreas degradadas e de mineração); “landfarming” (tratamento no solo com ou sem vegetação) e uso agrícola e florestal (aplicação direta no solo, compostagem, fertilizante e solo sintético).

Dentre as diversas alternativas existentes para a disposição final do lodo de esgoto ou biossólido, aquela para fins agrícola e florestal apresenta-se como uma das mais convenientes, pois, como o lodo é rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas, é amplamente recomendada sua aplicação como condicionador de solo e ou fertilizante. Entretanto, o lodo de esgoto apresenta em sua composição diversos poluentes como metais pesados e organismos patogênicos ao homem, dois atributos que devem ser olhados com muita cautela. (BETTIOL, CAMARGO E BERTON, s/d, p.1).

Assim, em todo o planeta, a alternativa com maior perspectiva de crescimento é a reciclagem agrícola, devido à necessidade de produção de alimentos em quantidades cada vez maiores. A quantidade de lodos lançados em aterro sanitário tende a se reduzir devido às exigências ambientais crescentes para utilização desta alternativa (ANDREOLI, 2001, p.20).

Como formas de reaproveitamento destes resíduos, podem-se destacar sua utilização como fertilizante agrícola, como componente para a produção de cimento e cerâmicas em geral (tijolos, telhas e pisos) e até mesmo sua conversão em óleo

combustível. Contudo, para que se possa dar o destino correto a tais lodos é necessário antes conhecer a composição real de ambos; por isso é fundamental que haja uma caracterização de tais resíduos a fim de conhecer seus componentes e suas estabilidades térmicas.

Visando um melhor embasamento teórico quanto ao processo de reciclagem de lodo de ETA e ETE neste estudo, interessa-nos por ora, a abordagem da reciclagem através da formação de produtos agrícolas, de forma particular a produção de fertilizante.

De acordo com Faria e Santos (s/d, p.2):

O esgoto tratado é utilizado em várias partes do mundo nas atividades agrícolas e florestais, como fertilizante e condicionador de solos, devido às suas características físicas e químicas. No Brasil, a utilização do lodo de esgoto tratado ou biossólido é experimentada cada vez mais em áreas maiores, pois a obtenção de resultados positivos na produtividade atraiu interessados no assunto (FARIA e SANTOS, s/d, p.2).

O uso do lodo como fertilizante orgânico e condicionador do solo, para aumentar a produtividade de cultura anuais e perenes, é tema de estudos de pesquisadores em diferentes partes do mundo. Diversos países dispõem de normas sobre o uso do biossólido na agricultura. No Brasil, a disposição de resíduos industriais no solo foi praticada de forma descontrolada e sem nenhuma restrição durante anos, devido à falta de uma política ambiental séria. Esta disposição requer cuidados especiais na escolha da área, no projeto e exige um monitoramento ambiental cuidadoso (ITAVO et al, s/d, p.2)

Baseado nisso e tendo em vista que a produção de lodo pode atingir valores altíssimos, urge que sejam apresentadas soluções ou alternativas para sua disposição final segura.

O uso do composto orgânico na agricultura tem sido uma das principais opções para a solução do problema do lodo. A viabilidade da sua reutilização na agricultura surge como uma opção extremamente interessante, apresentando inúmeras vantagens tanto sob o ponto de vista ambiental quanto sob o ponto de vista econômico sobre as demais opções (PIRES, s/d, p.1).

As pesquisas realizadas pela SANEPAR<sup>4</sup> confirmam a viabilidade da transformação deste material em um importante insumo agrícola, mesmo

---

<sup>4</sup> Companhia de Saneamento do Paraná.

respeitando-se rigorosos critérios agronômicos, sanitários e ambientais (Andreolli et al., 1994).

De acordo com Andreolli e Pegorini (1998, p.5), a alternativa da reciclagem agrícola tem o grande benefício de transformar um resíduo em um importante insumo agrícola que fornece matéria orgânica e nutrientes ao solo, trazendo também vantagens indiretas ao homem e ao meio ambiente, onde as vantagens são: reduzir dos efeitos adversos à saúde causados pela incineração, diminuição da dependência de fertilizantes químicos e melhoraria das condições para o balanço do CO<sub>2</sub> pelo incremento da matéria orgânica no solo podendo ainda, num sentido mais amplo, influenciar as condições da biosfera pela sua integração com políticas globais referentes à dinâmica do Carbono atmosférico.

O lodo pode influenciar positivamente algumas características do solos, melhorando sua sustentabilidade com reflexos ambientais imediatos, como a redução da erosão e a conseqüente melhoria da qualidade dos recursos hídricos. A aplicação do lodo em áreas agrícolas traz benefícios às propriedades físicas do solo, como a formação de agregados das partículas do solo e a conseqüente melhoria de infiltração e retenção de água e à aeração. Sua decomposição produz agentes complexantes capazes de solubilizar formas indisponíveis de fósforo no solo bem como nutrientes em compostos de liberação lenta. Os efeitos positivos sobre os fatores físicos e químicos do solo, proporcionam ainda, uma imediata reação e incremento da população edáfica<sup>5</sup> (CARVALHO & BARRAL, 1981, p.5).

Do ponto de vista econômico, o uso do lodo como fertilizante orgânico representa o reaproveitamento integral de seus nutrientes e a substituição de parte das doses de adubação química sobre as culturas, com rendimentos equivalentes, ou superiores aos conseguidos com fertilizantes comerciais. As propriedades do produto o tornam especialmente interessante a solos agrícolas desgastados por manejo inadequado, bem como para recuperação de áreas degradadas.

---

<sup>5</sup> População adaptada para as condições físicas e químicas do solo local. Raças edáficas são uma modalidade de raça ecológica e geralmente seus indivíduos apresentam características morfológicas peculiares. A especiação edáfica é vista hoje como preeminente no grupo das angiospermas.

### 3.1. Estudos realizados tendo em vista a utilização do lodo de esgoto em sistemas agriculturáveis

De acordo com Pires (2010, p.1) vários países europeus e da América do Norte já fazem uso do lodo de esgoto tratado em áreas agrícolas. Tais países possuem normas específicas que regulamentam a destinação final do lodo no intuito de garantir uma disposição segura deste resíduo.

No Brasil o uso agrícola de lodo de esgoto tratado (biossólido) ainda não foi amplamente difundido, embora já existam pesquisas e testes realizados em diversos estados brasileiros visando comprovar a eficiência desse processo quanto à obtenção de melhores condições nutricionais e férteis de solos brasileiros, promovendo assim a famosa “Agricultura Sustentável”<sup>6</sup> (BARBOZA, 2007, p.15).

Uma das práticas para conservação e recuperação dos solos incentivada é o uso de lodo de esgotos domésticos em solos agrícolas, mediante a garantia de que não ocorram impactos ambientais negativos. Vários estudos no Brasil comprovaram a eficácia do uso agrícola de lodo de esgoto, entretanto, a possível presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos orgânicos persistentes são fatores que podem provocar impactos ambientais negativos (EMBRAPA, 2006, p.2).

De acordo com Bettiol, Camargo e Bertoni (s/d, p.1), a utilização biossólidos nos solos agrícolas brasileiros pode acarretar benefícios inerentes à incorporação de macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, bem como, micronutrientes como o zinco, o cobre, o ferro, dentre outros no próprio solo que pode apresentar carência nutritiva desses componentes e portanto estar infértil para produção agrícola.

Pode-se dizer que, normalmente, o lodo de esgoto fornece ao solo os nutrientes para as culturas, no entanto, é necessário ter conhecimento da sua composição, a fim de se calcularem as quantidades adequadas a serem incorporadas, sem correr o risco de toxicidade às plantas e em certas situações aos animais e ao homem e também sem poluir o ambiente (BETTIOL, CAMARGO, BERTONI, s/d, p.1).

Silva e Poggiani (2005, p.11), consideram que o lodo de esgoto urbano deve ser devidamente tratado antes de ser utilizado nas plantações florestais. Consideram ainda que o reaproveitamento desse resíduo em plantações florestais como

---

<sup>6</sup> A Agenda 21 Brasileira possui uma área temática intitulada “Agricultura Sustentável”, onde vários aspectos da atual situação da agricultura brasileira são abordados. A necessidade da recuperação de solos erodidos e empobrecidos é amplamente discutida.

fertilizante e condicionador de solo parece ser uma das opções mais indicadas, pois além de vantagens nos diferentes fatores citados anteriormente, bio-sólido pode trazer benefícios ao plantio florestal com a diminuição da adubação química convencional e o aumento da produtividade.

Demais pesquisas realizadas, como por exemplo, a de Faria e Santos (2005, p.3), apontam que a aplicação de bio-sólidos em solos agriculturáveis, ocasionam o aumento na fertilidade, uma vez que a mineralização da matéria orgânica, incentiva e catalisa a atividade microbiana que por sua vez acarreta na melhoria nas características físicas ao reduzir a densidade, aumentar a porosidade e estabilizar os agregados do solo. Entretanto, faz-se necessária uma definição de critérios seguros para sua implantação tendo em vista à questão dos metais pesados presentes que poderão alcançar níveis elevados nos solos e posteriormente serem transferidos para a cadeia trófica.

De acordo com uma pesquisa realizada por Itavo (et al, s/d, p.2), no estado do Espírito Santo, existem varias opções de aplicação de lodo em culturas, especialmente a cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) que representa uma importante atividade agrícola de alta importância econômica e social para o Estado.

Os resultados obtidos com a aplicação do lodo de coqueria mostraram que esse resíduo pode atuar como fonte de nutrientes, especialmente, N e P, indicando o seu potencial para utilização na agricultura. Os resultados indicaram um maior crescimento das plantas de mamão quando se utiliza doses de 10 a 20% do lodo de coqueria aplicado no substrato de crescimento das plantas. Não foi observado nenhum efeito tóxico decorrente da presença de metais pesados tanto no lodo quanto na sua possível bioacumulação nos tecidos da parte aérea e raízes de plantas de mamão (ITAVO, et al, s/d, p.1)

Verifica-se portanto, tomando como exemplos os trabalhos desenvolvidos pelos autores mencionados acima que, a adição ao solo parece ser a melhor opção sob o ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que apresenta o menor custo e promove a reciclagem e disposição de matéria orgânica e nutrientes presentes no solo via fertilização agrícola.

## CONCLUSÃO

O tratamento dos esgotos nas ETE's além de ser um processo eficiente de despoluição de recursos hídricos também se perfaz como um processo viável quanto à produção de um lodo rico em matéria orgânica e nutrientes, intitulado lodo de esgoto ou biossólido, que por sua vez necessita de uma adequada disposição final.

Porém, através da temática apresentada pôde-se concluir que existem ainda diversos projetos de tratamento de esgotos que não contemplam o destino final do lodo produzido acarretando parcialmente nos impedimento dos benefícios da coleta e do tratamento dos efluentes com 100% de aproveitamento.

A exemplo de muitos países, a comunidade científica, bem como, os as instituições públicas, mistas e/ou privadas necessitam encarar com muita seriedade a questão da disponibilização final dos resíduos de ETE's, assim como questões pertinentes ao saneamento básico em nosso país, com o propósito de implementar estratégias seguras e factíveis para que esse produtos como o lodo de esgoto não se transforme num novo problema ambiental, mas sim tirar vantagens ambientais de sua disposição.

Dentre tantas alternativas sustentáveis para a disposição do biossólido de esgoto, a reciclagem agrícola mostra-se como a alternativa mais viável para sua disposição tanto nos âmbitos técnicos, econômicos e ambientais.

A partir da elaboração deste trabalho, pôde-se compreender que a problemática da disposição final de resíduos sólidos provenientes da formação de lodo de esgoto nas ETA's e de forma particular ETE's trata-se de um problema crônico que afeta a qualidade das águas devido ao despejo desses resíduos nesses mananciais.

O tratamento de esgotos gera resíduos de forma contínua e em grande escala. Em alguns centros urbanos, onde a aplicação agrícola do lodo não é viável, faz-se necessário buscar alternativas tais como a codisposição em Aterros Sanitários, principalmente pelo seu menor custo.

Dessa forma, no intuito de atingir todos os objetivos do sistema de saneamento e conservação ambiental, todo sistema de tratamento de efluentes líquidos devem incluir o correto manejo e disposição dos resíduos gerados.

Quanto o uso do lodo reciclado no setor agriculturável, este deve se dar de forma segura e responsável, a partir da produção de um insumo de eficaz e assegurado, uma vez que, o mesmo se utilizado de forma inadequada pode ocasionar sérios danos ambientais e conseqüentemente aos seres humanos.

Portanto, é necessária uma rigorosa regulamentação para a adição do resíduo ao solo, bem como estudos que determinem riscos ambientais a curto e longo prazos.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S. *Gestão de Biossólidos Situação e perspectivas*. In: I Seminário sobre Gerenciamento de Biossólidos do Mercosul, Curitiba, dez 1-4, 1998.

ANDREOLI, C. V.; PINTO, M. A. T.; *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final*, Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001, 282 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *Resíduos sólidos – classificação: NBR – 10004*. São Paulo: ABNT, 1987.

BACCI, D.L.C., PATACA, E. Educação para a Água – Estudos Avançados Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências da universidade de São Paulo, *Revista Scielo*, vol, 22 n° 63, 2008.

BARBOSA, P. S. F.; BETTINE, S. do C.; Saneamento no Brasil: Retrospectiva Histórica e Desafios do Presente, *Revista de Ciência & Tecnologia*, jun/1999.

BECKER, Berthak & MIRANDA, Mariana (Orgs.). *A geografia política do desenvolvimento sustentável*, Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de; BERTON, R, S.; *Utilização de Lodo de Esgoto na Agricultura* [s/d]. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/ECS/WORD/ArtigoRuiSABESP2.htm>. Acesso em 19 nov 2010.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*, EMBRAPA Meio ambiente, Jaguariúna, 2000.

BURKE, S. E.; *Valorização de Resíduos*. In: Sustentabilidade, n.17, dez/2008. Disponível em: [www.bcsdportugal.org](http://www.bcsdportugal.org). Acesso em 12 out 2010.

CAPANA, A. S.; CRESPI, M. S.; RIBEIRO, C. A.; MARTINS, Q. V. *Caracterização de Resíduo (Lodo) Proveniente de Estações de Tratamento de Água e Esgoto do Município de Araraquara-SP*, 2006.

CARVALHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. *Fertilizantes*, São Paulo, v. 3, n. 2. 1981. p. 3 - 5.

CARVALHO, S. T. de. *Metodologia científica: fundamentos e técnicas: construindo o saber*. 4.ed. Campinas, SP: Papirus, 1998.

CASSOLA, Talita; OLIVEIRA, Gislaine, SIMMI, Karine; ROVIAN, Renato, 2007. *Lixo como fonte de renda: dos lixões à reciclagem*. Disponível em: <http://blogierb.blogspot.com/2007/10/lixo-como-fonte-de-renda-dos-lixes.html>. Acesso em 12 out 2010.

CAVALCANTI, J. E. A década de 90 é dos resíduos sólidos. *Revista Saneamento Ambiental*, nº 54, p. 16-24, nov./dez. 1998.

EMBRAPA. *Uso Agrícola do Lodo de esgoto. Aspectos Legais*, 2006. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires\\_lodoID-0L1Y8Wo2Vx.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires_lodoID-0L1Y8Wo2Vx.pdf). Acesso em 03 dez 2010.

ERNANDES, A. C. M.; *Proposta de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Comerciais para o Município de Santa Fé do Sul – SP*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Dissertação de Mestrado, Ilha Solteira – SP, 2006.

FEEMA - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. *Coletânea de legislação federal e estadual de meio ambiente*. Rio de Janeiro, 1992.

FERREIRA, M.I.P; SILVA, F.A.J; WERNECK, R.B; 3 Marcos conceituais para gestão de recursos hídricos – Departamento de Engenharia Ambiental – Instituto Federal Fluminense- *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 2 n. 2, jul. / dez. 2008

FREITAS, M. A. V., SANTOS, A. H. M., "Importância da Água e da Informação Hidrológica", *O Estado das Águas no Brasil – 1999: Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos*, pp. 13-16, 1999.

GADELHA, A. J. F.; ROCHA, C. O. da; RIBEIRO, G. do N.; BARROS, D. F; Modelos de Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos, *REBAGA (Mossoró – RN – Brasil)*, v.2, n.1, p. 06-10, jan/dez de 2008.

GARRIDO, R. J. O combate à seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil. In.: *O estado das águas no Brasil/org. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas – Brasília, DF: ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999. 334p.*

GAZZONI, D. L., *Água um Recurso estratégico* – 2009, Disponível em: [www.jardimdeflores.com.br/ecologia](http://www.jardimdeflores.com.br/ecologia) acessado em 23/08/2010. Acesso em 17 nov 2010.

GIORDANO, G. *Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos*. Tese de Mestrado (Ciência Ambiental) UFF, 1999.

GUERRA, R. C.; *Estudo do lodo gerado em reator biológico, pelo tratamento da água de produção do petróleo, no terminal marítimo Almirante Barroso, município de São Sebastião, SP*. visando sua disposição final, Rio Claro : [s.n.], 2009.

HIRANO, C. O. *Programa de Saneamento Básico e Cidadania*, 2001. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/bvsadiaa/p/material/plan.pdf>. Acesso em 12 nov 2010.

IBGE 2000, *Pesquisa Nacional De Saneamento Básico*, disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>> Acessado: 12/03/2007

IBGE, 2002, *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ITAVO, Renata Vinhas; MADURO, Thiago Rafalski; MELLO, Evelyn Colon de; RIOS, Érika C. S. Vieira; CASSINI, Sérgio Túlio Alves; *Aplicação De Lodo De Tratamento de Efluente de Coqueria na Agricultura*, 2005. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-142.pdf>. Acesso em 11 out 2010.

KRAEMER, M. E. P., *Resíduos Industriais e a Questão Ambiental Associada à Contabilidade Aplicada ao Ambiente Natural*, 2005. Disponível em: <http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-ex.php/pensarcontabil/article/viewFile/45/45>. Acesso em 11 out 2010.

KRAEMER, M. E. P.; *A questão ambiental e os resíduos industriais* [online]. Disponível em: <http://br.monografias.com/trabalhos/residuos-industriais/residuos-industriais.shtml>. Acesso em 12 out 2010.

LEI Nº 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm). Acesso em 20 out 2010.

LEMOS, H.M *Sustentabilidade – Água parte do meio ambiente*. - 2004 Disponível na INTERNET via Url: [www.agua.bio.br](http://www.agua.bio.br) arquivo consultado em 09/08/2010.

LERIPIO, A. A. *Gerenciamento de resíduos*, s/d. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/~lqqa/Coferecidos.html> - Acesso em 12 out 2010.

LIRA, A. C. S. de; GUEDES, M. C.; SCHALCH, V.; Reciclagem de lodo de esgoto em plantação de eucalipto: carbono e nitrogênio. *Eng. San. Amb.*, vol.13, nº 2, p. 207-216, abr/jun, 2008.

LOBO, L. *Saneamento Básico: em Busca da Universalização*. Brasília, Editora do Autor, 2003.

LOUREIRO C. F. B. Educação ambiental transformadora. *In: Philippe Layrargues (Org.) Identidade da educação ambiental brasileira*. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Brasília, p.65-84. 2004.

MANEJO DE RESÍDUOS, s/d. Disponível em: <http://www.civap.com.br/uploads/editor/pdf/Plano%20de%20Saneamento%20-%20CIVAP.pdf> Acesso em 10 out 2010.

MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor Saneamento Básico, 2002. Disponível em: <http://sna.saude.gov.br/download/MANUAL%20DE%20AUDITORIA%20EM%20SANEAMENTO.pdf>. Acesso em 19 nov 2010.

MUNÔZ, S. I. S., *Impacto Ambiental na Área do Aterro Sanitário e Incinerador de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto, SP: Avaliação dos níveis de metais pesados*. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto-USP. Tese de Doutorado 2002.

NETO, R. de B., Sanepar pesquisa reciclagem do lodo de água e de esgoto, *Jornal de Ciência e Fé*, ano 6, ed 71, jul/2005. Disponível em: <http://www.cienciaefe.org.br/jornal/E71/mt16.htm>. Acesso em 11 out 2010.

OLIVEIRA, Anderson Luis Silva de, *Saneamento Básico no Brasil: Limites e Possibilidades de Atuação do Setor Privado*. Universidade Federal da Bahia. Dissertação de Mestrado, Salvador, 2004, 100p.

PIRES, A. M. M., *Lodo de Esgoto*. In: Ambiente Brasil, 2010. Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/lodo de esgoto.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/lodo_de_esgoto.html). Acesso em 20 out 2010.

Pires, A. M. M.; *Instituto de Apoio ao Desenvolvimento e à Preservação da Natureza*, 2009. Disponível em: [http://www.inan.org.br/index.php?mod=article&cat=residuos&article=704&page\\_order=1&act=print](http://www.inan.org.br/index.php?mod=article&cat=residuos&article=704&page_order=1&act=print). Acesso em 08 out 2010.

*PLANO DE SANEAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS*, s/d. Disponível em: <http://www.itu.sp.gov.br/servicosaocidadeo/download/saneamento/plano.pdf> Acesso em 10 out 2010.

PORTAL DIA-A-DIA EDUCAÇÃO. *Saneamento - Calor e Chuva*. 2010. Disponível em: <http://www.diaadia.pr.gov.br/temasatuais/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=33>. Acesso em 10 out 2010.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. *Caraterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba – Pr*. 22º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária Ambiental. Joinvile, 2003. Disponível em: [http://www.sanepar.com.br/Sanepar/Gecip/Congressos\\_Seminarios/Lodo de agua/Caracterizacao do lodo de ETA.pdf](http://www.sanepar.com.br/Sanepar/Gecip/Congressos_Seminarios/Lodo_de_agua/Caracterizacao_do_lodo_de_ETA.pdf) Acesso em 31 out 2010.

POVINELLI, J.; SOBRINHO, P. A.; In: *Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras*, Rio de Janeiro: ABES, 2009.

REBOUÇAS, A.C; BRAGA, B; TUNDISI, J.G (organizadores), *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*, Instituto de Estudos avançados da USP, São Paulo, Acad. Bras. Cien./IEA-USP, 1999. 717 p.

REZENDE, Sonaly C. e HELLER, Léo. *O Saneamento no Brasil: Políticas e interfaces*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002  
RIOS, Érika C. S. Vieira; CASSINI, Sérgio Túlio Alves; *Aplicação de lodo de tratamento de efluente de coqueria na agricultura*. [s/d]. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-142.pdf>. Acesso em 19 nov 2010.

SALVADOR, N.N.B. *Avaliação de Impactos Sobre a Qualidade dos recursos Hídricos*. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos - São Paulo 2006 408p.

SANTOS, Jacinta dos. *Os caminhos do lixo em Campo Grande: disposição dos resíduos sólidos na organização do espaço urbano*. Campo Grande: UCDB, 2000.

SEBRAE/RJ, Sistema FIRJAN. *Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo*. Rio de Janeiro: GMA, 2006.

SILVA, Aparecida Rosária Luiz da. *Como preservar o meio ambiente*. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=476&class=05> Acesso em 23 nov de 2010.

SILVA, Paulo Henrique Müller da; POGGIANI, Fabio. *Lodo de Esgoto tratado (biossólido) em Plantações Florestais*, 2005. Disponível em <http://www.scribd.com/doc/40019785/UTILIZACAO-DE-LODO-DE-ESGOTO-NA-AGRICULTURA>. Acesso em 03 dez 2010.

SISINNO, Cristina L. S. and MOREIRA, Josino Costa. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. *Cad. Saúde Pública* [online]. 1996, vol.12, n.4, pp. 515-523.

SOUZA, S. H.K., FERREIRA, R.F. *O saneamento das águas no Brasil*. (O estado das águas no Brasil - 1999). Brasília, ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999, p. 83-101. 334 p. São Paulo 1989 – São Carlos: E.E.S.C. da USP – Universidade de São Paulo