

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PAULO ROBINSON PEREIRA COSTA

**ESTUDO DE CASO SOBRE A PRODUÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA
DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NA CIDADE DE LAGOA DA
PRATA**

FORMIGA – MG
2015

Paulo Robinson Pereira Costa

**ESTUDO DE CASO SOBRE A PRODUÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA
DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NA CIDADE DE LAGOA DA
PRATA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.
Orientador: Ronan Souza Sales.

FORMIGA – MG

2015

Paulo Robinson Pereira Costa

ESTUDO DE CASO SOBRE A PRODUÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NA CIDADE DE LAGOA DA PRATA

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Produção do UNIFOR-MG, como requisito
parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Ronan Souza Sales.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ronan Souza Sales

Orientador

Prof. Alex Magalhães de Almeida

Examinador

Formiga, 11 Novembro de 2015.

RESUMO

Este trabalho relata o estudo dos resíduos sólidos urbanos, que define aspectos de fundamental importância para seu gerenciamento. Fatores como tamanho das cidades, poder aquisitivo e estímulo ao consumo fazem com que diariamente sejam produzidas grande quantidade desses resíduos e muitas das vezes eles não tem uma destinação correta ocasionando problemas sociais e de saúde. A partir do estudo feito no município de Lagoa da Prata, foi possível quantificar os resíduos sólidos ali produzidos e também saber quais os principais componentes desse resíduo gerado. No aterro sanitário de Lagoa da Prata, os resíduos que ali entram, não recebem nenhum tipo de tratamento, sendo aterrados em sua totalidade. O trabalho objetivou uma forma de tratamento para esses resíduos. Com esse tratamento o aterro sanitário deixaria de receber grande parte dos resíduos. Os benefícios seriam o aumento da sua vida útil, redução de custos com a operação de aterramento e ainda os resíduos poderiam ser fonte de renda para moradores do município através da reciclagem.

Palavras-Chave: Resíduos sólidos urbanos. Gerenciamento. Reciclagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Despejo dos resíduos para formar a amostra.....	29
Figura 2: Uso de Retroescavadeira para homogeneização dos resíduos.....	29
Figura 3: Técnica do Quarteamento.....	30
Figura 4: Acondicionamento e pesagem dos resíduos.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade dos componentes dos resíduos sólidos em Kg.....	32
---	-----------

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Composição gravimétrica em porcentagem dos resíduos sólidos de Lagoa da Prata.....	34
Gráfico 2 - Percentual dos componentes dos R.S.U. no Brasil.....	35
Gráfico 3 - Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com menos de 20.000 habitantes.....	35
Gráfico 4 - Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com mais de 40.000 habitantes (Ponte Nova).....	36
Gráfico 5 - Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com mais de 250.000 habitantes (Montes Claros).....	36
Gráfico 6 - Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com mais de 2.000.000 de habitantes (Belo Horizonte).....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo geral	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Resíduos sólidos urbanos: definição e geração	11
3.2.1 Classificação quanto à origem.....	12
3.2.2 Caracterização quanto à composição química.....	13
3.2.3 Classificação quanto à periculosidade	13
3.2.4 Classificação quanto à natureza física.....	14
3.3 Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos	15
3.4 Destinações dos resíduos sólidos urbanos	16
3.4.1 Aterro sanitário.....	17
3.4.2 Usina de triagem	18
3.4.3 Lixão	18
3.4.4 Aterro controlado	19
3.5 Formas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos.....	19
3.6 Pré-Tratamento da matéria orgânica como alternativa de minimização de impactos no aterramento de resíduos sólidos urbanos.....	21
3.7 Análises dos resíduos sólidos urbanos.....	22
3.8 Geração de resíduos sólidos urbanos per capita na região sudeste	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27

4.1 Localização e caracterização	27
4.2 Gestão dos resíduos sólidos em Lagoa da Prata.....	27
4.2.1 Coleta de dados para análise quantitativa	28
4.2.2 Coleta de dados para o estudo gravimétrico dos resíduos urbanos em Lagoa da Prata.....	28
5 RESULTADO E DISCUSSÕES	32
5.1 Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos urbanos	32
5.2 Análise econômica do aterro	37
5.3 Método proposto para separação e reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos de Lagoa da Prata	38
6 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

As cidades enfrentam diversos tipos de problemas, quando o assunto envolve o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, quanto maior a cidade mais as adversidades são acentuadas. Diariamente nas cidades são gerados uma grande quantidade de Resíduos, grande parte desses detritos não são processados, ou seja, o excedente vai sendo armazenado em proporções alarmantes. O problema cresce, devido ao elevado número de pessoas e o grande estímulo ao consumo.

Quando esses resíduos não tem uma destinação correta, inúmeros problemas podem surgir como enchentes, contaminação do lençol freático, queima do resíduo como alternativa para diminuir seu volume o que liberará gases tóxicos na atmosfera, problemas de ordem estéticos e impossibilidade de uso do solo que teve contato com o resíduo.

Este aspecto de deterioração do meio ambiente gera problemas sociais e ambientais em cidades de grande, médio e pequeno porte, tanto pela escassez de recursos técnicos voltados para o tratamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos como também pela falta de mão de obra qualificada nas etapas operacionais do sistema de limpeza urbana municipal.

O estudo direcionado para a análise das características físicas do lixo é uma atividade importante para o município, uma vez que, através das informações coletadas, o órgão responsável pelo serviço de limpeza pública poderá verificar as alterações ocorridas nos aspectos referentes à qualidade dos materiais e do volume de rejeitos gerados na região, além de reduzir os impactos ambientais causados pelo excesso de lixo despejado de forma irregular e acompanhar as melhorias das condições dos aterros, o que já é visto como sinônimo de lucro para algumas empresas, pois elas vêem o gerenciamento de tais resíduos como uma oportunidade de faturar. Logo, por esses resíduos serem considerados um agressor em potencial ao meio ambiente e à saúde da população, o presente trabalho tem como objetivo identificar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no município de Lagoa da Prata, Minas Gerais, visando levantar informações para um melhor reaproveitamento ou destinação desses materiais para que o aterro do município tenha um melhor aproveitamento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar quantitativamente por gravimetria e qualitativamente por material a produção de resíduos sólidos urbanos que são gerados na cidade de Lagoa da Prata.

2.2. Objetivos específicos

- Quantificar a produção de resíduos sólidos urbanos na cidade por habitante.
- Organizar a coleta dos resíduos sólidos urbanos no município de modo que seja possível a realização do estudo de sua composição.
- Mensurar através da análise gravimétrica os principais itens que esses resíduos sólidos urbanos são compostos.
- Propor uma correta destinação para os diferentes tipos de resíduos encontrados no município.
- Sugerir uma forma mais adequada para separar e reaproveitar tais resíduos.
- Citar os benefícios desse estudo para o aterro sanitário de Lagoa da Prata.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Resíduos sólidos urbanos: definição e geração

Segundo Lima (2004), os resíduos sólidos, conhecido por toda população por lixo urbano, são resultantes de atividades domésticas e comerciais da comunidade em geral. A definição de resíduos sólidos urbanos, segundo o mesmo autor, é difícil de ser feita, devido à sua origem e formação estarem relacionadas a vários fatores. Assim, é comum definir como lixo todo e qualquer resíduo que resulte das atividades diárias do homem na sociedade e que os fatores principais que contribuem para sua origem e geração são basicamente o aumento populacional e a intensidade da industrialização.

A norma NBR 10.004 (ABNT, 2004), que trata de classificação dos resíduos sólidos, também traz como definição:

“Resíduos sólidos são resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”.

De acordo com Mano, Pacheco e Bonelli (2005), os resíduos sólidos urbanos muitas vezes recebem o nome de lixo, sendo considerados pelo gerador como algo inútil, indesejável ou descartável; compõem os restos das atividades humanas.

Para Junior (2006), os resíduos sólidos apresentam grande diversidade e complexidade. Suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com sua fonte geradora. Fatores econômicos, sociais, geográficos, educacionais, culturais, tecnológicos e legais afetam o processo de geração dos resíduos sólidos, tanto em relação à quantidade gerada quanto a sua composição qualitativa. Uma vez gerado o resíduo, a forma como é manejado, tratado e destinado pode influenciar suas características de maneira, a aumentar seu potencial de degradação ao meio ambiente e a saúde.

Barbosa e Ibrahin (2014) citam que os resíduos são o resultado de tudo que não pode ser aproveitado por quem consome ou durante o processo produtivo, depois de atender suas necessidades de utilização, podendo ser descartados indevidamente de qualquer forma no ambiente ou disposto em algum lugar específico.

3.2 Classificações dos resíduos sólidos urbanos:

De acordo com Junior (2006) algumas das classificações mais usuais são: segundo a origem, grau de periculosidade para o meio ambiente e a saúde pública, grau de biodegradabilidade, seca e úmida, fração reciclável e não reciclável.

As principais características de interesse para a seleção de procedimentos, processos e técnicas de tratamento são: taxa de geração, composição gravimétrica, peso específico, carbono, nitrogênio, potássio, teor de umidade, tamanho da partícula, poder calorífico dentre outras e podem ser identificadas em qualquer etapa do gerenciamento dos resíduos desde o momento da geração até a sua disposição.

O mesmo autor ainda afirma que é possível classificar os resíduos sólidos urbanos através do agrupamento por características que seja de interesse para seu melhor gerenciamento.

Barbosa e Ibrahin (2014) citam que os principais fundamentos para classificação dos resíduos são quanto à origem e periculosidade. Tais aspectos são importantes para saber onde, como e quais impactos ambientais podem estar determinando o aumento da poluição e suas consequências.

3.2.1 Classificação quanto à origem

Mano, Pacheco e Bonelli (2005) definem que quanto à origem os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- Domiciliar: se originando dos domicílios (resto de alimentos jornais revistas, embalagens, fraldas descartáveis).
- Comercial: quando produzido em estabelecimentos comerciais e de serviços (papeis plásticos, embalagens diversas).
- Público no caso de ser proveniente dos serviços públicos (limpeza urbana, limpeza de áreas de feiras livres);
- Hospitalar: quando descartado em hospitais (resíduos sépticos, como seringas, algodões, tecidos removidos, sangue, luvas e outros).
- Industrial: se produzido em instalações industriais (cinzas, lodo, escórias, papeis, vidros).
- Agrícola: no caso de se originar das atividades agrícolas (embalagens de adubo, defensivos agrícolas, ração, restos de colheitas).

- Entulho: originado através de resíduos da construção civil (pedras, tábuas, e ladrilhos).

3.2.2 Caracterização quanto à composição química

Quanto a sua composição química, Borges (2008) ressalta que nesse aspecto ocorre muitas variações devido à cultura e o grau de desenvolvimento de cada país. O autor ainda cita que para conhecer seu aspecto químico é preciso explorar os seguintes itens:

- Poder calorífico: é a quantidade de calor liberada durante a queima de 1 kg de resíduos misto (incluem-se também resíduos de difícil combustão).
- Sólidos Voláteis: São aqueles que evaporam a uma temperatura de 600° C.
- Material fixo.
- Umidade: Quantidade de água presente na massa de resíduos urbanos. Determinante na escolha da tecnologia de tratamento e equipamento de coleta, influencia também em outros aspectos como densidade, poder calorífico e velocidade de decomposição da matéria orgânica durante o processo de compostagem.
- Relação carbono/nitrogênio: determinantes para estabelecer a qualidade do composto produzido.
- Teor de nitrogênio.

Segundo Mano, Pacheco e Bonelli (2005) os resíduos também podem ser classificados quanto à composição química em:

- Orgânicos: (papel, jornais, revistas, borracha, pneu, luvas resto de alimentos resto de colheita, plásticos);
- Inorgânicos: (metais, vidros, cerâmicas, areia, pedras).

3.2.3 Classificação quanto à periculosidade

É possível classificar os resíduos sólidos urbanos em três classes/categorias de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004):

- Classe I - Resíduos perigosos: mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou

apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

- Classe II - Resíduos não inertes: resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não compreende a Classe I (perigosos) ou a Classe III (inertes). Estes resíduos podem ter especificações como: combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água.
- Classe III - Resíduos inertes: resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, sujeitos a testes de solubilização, não tenham nenhum de seus elementos solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas, excetuando-se os padrões: aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais podemos citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

3.2.4 Classificação quanto à natureza física

Pereira¹ Neto (1991 apud ABREU, 2009 p.21) caracteriza os resíduos sólidos urbanos de acordo com sua natureza física abordando:

- Composição gravimétrica: aponta o percentual de cada componente em relação ao peso total do resíduo sólido;
- Peso específico: é o peso dos resíduos em função do volume ocupados por eles;
- Teor de umidade: representa a quantidade relativa de água contida na massa do resíduo sólido, variando em função da composição do lixo, das estações do ano e da incidência de chuvas;
- Compressividade ou grau de compactação: indica a contração de volume que a massa de resíduo sólido urbano pode sofrer, quando submetida a uma pressão determinada;
- Produção per capita: é a relação entre a quantidade de resíduo sólido gerado e o número de habitantes da região.

O autor ainda afirma que as características físicas dos resíduos sólidos urbanos sofrem influências de vários fatores, dentre eles: números de habitantes,

¹ Pereira Neto, João Tinoco. **Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos**. Saneamento Ambiental, São Paulo, n 16, p. 22-26, out./nov. 1991.

poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e costumes da população, condições climáticas e sazonais.

3.3 Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos

O gerenciamento integrado dos resíduos municipais é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve para coletar, segregar, tratar e dispor o lixo de sua cidade. Gerenciar esses resíduos de forma integrada significa limpar o município por meio de um sistema de coleta e transporte adequado, tratá-los e garantir o destino ambiental correto e seguro, levando em conta que a quantidade e a qualidade dos resíduos gerados em um dado local decorrem do tamanho da população e de suas características socioeconômicas e culturais, do grau de urbanização e dos hábitos de consumo existente (PROGRAMA..., 2002, p. 3).

Para Junior (2006) o gerenciamento compreende atividades como a promoção da não geração de resíduos e reaproveitamento na fonte, a coleta e transporte, valorização e tratamento até a disposição final, envolvendo o setor público responsável pelos resíduos de origem doméstica e serviços públicos, como aqueles gerados em estabelecimentos comerciais de pequeno porte ou em pequena obra, desde que este compromisso seja estabelecido legalmente. Como critérios preventivos, pode se destacar as ações de reduzir, reaproveitar, enquanto tratar e dispor os resíduos gerados pode ser considerado uma ação corretiva. Estas ações são definidas por Valle² (2002 apud Lima 2004, p.11) como sendo:

- Reduzir: abordagem preventiva, sugerida para diminuir o volume e o impacto causado pelos resíduos. Em casos extremos pode se extinguir completamente o resíduo pela prevenção de sua geração.
- Reaproveitar: abordagem corretiva, trilhada para trazer de volta ao ciclo produtivo matérias primas, substâncias e produtos extraídos dos resíduos depois que eles já foram gerados. A reutilização e a reciclagem são formas de reaproveitar resíduos.
- Tratar: Abordagem técnica que visa modificar as características de um resíduo, neutralizando seus efeitos nocivos. As opções disponíveis para tratamento de resíduos sólidos são:

² Valle, C.E **Qualidade Ambiental: ISO 14000.4**. Ed. rev. e ampl. São Paulo: SENAC, 2002.

- Tratamento físico: que objetivam diminuir o volume de resíduos sólidos ou paralisar um componente específico através de operações como secagem, centrifugação, evaporação, sedimentação, floculação, filtração, destilação etc.
- Tratamento químico: modifica a composição do resíduo de modo a eliminar componentes tóxicos, através de reações como oxidação, redução, neutralização.
- Tratamento biológico: estimulam a degradação natural de resíduos que apresentam alta carga orgânica através da ação de microrganismos em unidade de compostagem ou em aterros sanitários.
- Tratamento térmico: processo físico químico que utiliza altas temperaturas para modificar as características do resíduo e reduzir consideravelmente seu volume. Como exemplo pode citar a incineração e pirólise.
- Dispor: abordagem passiva, orientada para controlar os efeitos dos resíduos, mantendo-os sob controle, em locais que devem ser supervisionados.

A disposição de resíduos sólidos emprega como método mais usual o aterro sanitário, que no Brasil, devido à pequena adoção de medidas preventivas acaba por ser utilizado como destino final de quase todo o resíduo sólido urbano sob responsabilidade do poder público, pois essa técnica consegue amenizar de forma satisfatória os impactos causados por tais resíduos.

3.4 Destinações dos resíduos sólidos urbanos

Segundo Barbosa e Ibrahim (2014) hoje em dia cerca de 50% dos resíduos urbanos tem destinação inadequada, diante do custo quase zero dos lixões e aterros controlados ou em razão de não serem solucionados pela coleta pública.

Os autores ainda afirmam que quando não sofrem o tratamento correto, esses resíduos podem ser altamente poluente e afetar diretamente a saúde da população e causar impactos ambientais.

A destinação dos resíduos sólidos urbanos é um problema permanente em quase todos os municípios do país e cada vez mais estes detêm menos recursos para investimento e manutenção da coleta, no processamento e disposição final destes resíduos.

Tais destinações são:

3.4.1 Aterro sanitário

Mano, Pacheco e Bonelli (2005), citam que um aterro sanitário é formado necessariamente das seguintes unidades: células de lixo domiciliar, células de lixo hospitalar, impermeabilização de fundo (obrigatória) e superior (opcional); sistema de coleta e tratamento de líquidos percolados; sistema de coleta e queima ou beneficiamento de biogás; sistema de drenagem e distanciamento de águas pluviais, sistema de monitoramento ambiental, topógrafo e geotécnico; e pátio de estocagem de materiais.

Os mesmos autores afirmam que o aterro sanitário consiste na utilização de princípios da engenharia para confinamento dos resíduos sólidos em camadas, cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo técnicas operacionais específicas. Desse modo são evitados danos ou risco a saúde pública e a segurança minimizando impactos ambientais, pois reduz odores, evita incêndios e impede proliferação de insetos e roedores. Os resíduos são compactados por meio de máquinas, o que prolonga a vida útil do aterro.

Ainda de acordo com os autores, o processamento dos resíduos no aterro sanitário se dá através das seguintes digestões:

- Aeróbica: traz maiores vantagens para a decomposição do lixo, porque produz apenas dióxido de carbono e água, produz menos chorume, ausência de gases perigosos na decomposição, promove o processo de decomposição. Entretanto, é o menos usado em razão dos maiores custos.
- Anaeróbica: decomposição muito lenta da matéria orgânica contida nos resíduos urbanos resultante de reações químicas. Durante a decomposição ocorre a produção de chorume, biogás, gás sulfídrico e outros. O volume produzido no aterro pode variar em virtude das condições climáticas do local e do sistema de drenagem. Nesse tipo de processamento, deve-se inicialmente impermeabilizar o terreno com uma manta de polietileno e argila compactada antes de receber os resíduos urbanos, para evitar a contaminação das águas subterrâneas pelo chorume. Logo após, os resíduos são aterrados em células que são providas de sistema de drenagem de chorume e gases. Os sistemas de drenagem de chorume, programados em forma de espinha de peixe, compõem-se de drenos secundários que coletam

e conduzem o percolado para um dreno principal, que irá levá-lo a um poço de tratamento.

O sistema de drenagem de gases é constituído de drenos verticais, colocados em pontos escolhidos do aterro.

- **Digestão semi-aeróbica:** as células de resíduos contêm sistemas de drenagem de gás e chorume, que funcionam também como condutores de ar para elas, provocando a aeração natural. A vantagem desse sistema é a redução do tempo de decomposição da matéria orgânica em relação ao sistema anaeróbico.

3.4.2 Usina de triagem

Para Mano, Pacheco e Bonelli (2005) é uma instalação para onde são encaminhados os resíduos sólidos urbanos, após a coleta e o transporte para serem sujeitados a um processo de separação. Este é feito em uma esteira rolante, na sua maior parte de forma manual. Os materiais suscetíveis a reciclagem como papeis, plásticos, vidros e metais, são separados na esteira de triagem. É comum existir na usina de triagem uma unidade de compostagem da parte orgânica devido à possibilidade de contaminação dos materiais recicláveis.

Lima (2004) cita que essa triagem pode ser feita manual ou mecanicamente. A triagem manual é feita em esteiras transportadoras onde os operários, retiram manualmente os resíduos de maior interesse econômico (plásticos, vidros, latas etc.). Sobre a versão de que os operários que trabalham na triagem estão expostos a riscos de contaminação não parece ser uma afirmação segura, pois são esporádicos os acidentes dessa natureza nas usinas de triagem.

Sobre a triagem mecânica o mesmo autor cita que é feita por equipamentos especiais como eletroímãs, peneiras rotativas e vibratórias, ciclones, aspiradores, flutuadores etc. Esse tipo de triagem é mais eficiente e resulta em maior produção de reciclados, porém envolve maior custo na aquisição e manutenção dos equipamentos.

3.4.3 Lixão

De acordo com Mano, Pacheco e Bonelli (2005), é uma forma indevida de disposição final dos resíduos. Baseado em despejar em terrenos a céu aberto, sem

medidas de proteção ao meio ambiente e a saúde, ocasionando degradação indiscriminada da natureza. Há então a propagação de vetores de doenças, geração de maus odores, poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

3.4.4 Aterro controlado

Para Mano, Pacheco e Bonelli (2005) tem origem em um lixão. É uma técnica de confinamento dos resíduos sólidos, porém geralmente não é composto de impermeabilização de base, o que compromete a qualidade das águas subterrâneas.

3.5 Formas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos

Para Scarlato e Pontin (1993) existem diversas técnicas de tratamento de resíduos urbanos. A opção por uma ou pela combinação de duas ou mais delas vai depender da composição do resíduo e da política desenvolvida pelas autoridades sanitárias da região, sendo elas:

- Reciclagem – de todas as opções em relação ao tratamento de resíduos, a reciclagem é considerada a mais adequada por razões ecológicas e econômicas: diminui os acúmulos de detritos na natureza e a reutilização dos materiais, preserva em certa medida os recursos naturais não renováveis. Atualmente, o volume de matéria prima recuperado pela reciclagem dos resíduos está muito abaixo das necessidades da indústria. Reciclar é uma forma de reinserir os resíduos no processo industrial, retirando assim do fluxo terminal cujo destino seriam aterros, incineração ou compostagem.

Ribeiro e Morelli (2009) citam os benefícios da reciclagem dos principais componentes dos resíduos sólidos urbano sendo eles alumínio, vidro, papel e plástico:

- Alumínio: o Brasil está em primeiro lugar no ranking de reciclagem do alumínio (latinhas) com 95% do material consumido sendo reciclado, tal sucesso está nos interesse dos catadores, uma vez que o preço do alumínio rende bem mais do que qualquer outro material reciclável e no seu potencial de reciclabilidade que pode chegar a 96,5%, gerando uma economia de energia de 2,33 GWH por ano (0,5% do consumo no Brasil). No processo de

reciclagem do alumínio gasta-se apenas 5% da energia gasta no processo de elaboração primária.

- Vidro: componente que está presente em vários objetos do nosso cotidiano e leva até 5 mil anos para se decompor, sendo assim, de fundamental importância o reaproveitamento desse material que pode ser 100% reciclado e repetir o processo inúmeras vezes.
- Papel: atualmente o Brasil recicla três milhões de toneladas de papel por ano o que corresponde a 44,7% do consumo aparente nacional. O setor desse reciclável gera R\$1,5 bilhão com a geração de mais de 100mil empregos diretos e aproximadamente 200mil pessoas vivem da coleta desse material. O ganho ambiental da reciclagem desse resíduo é outro aspecto de destaque já que 1 tonelada de papel reciclado poupa cerca de 22 árvores nativas (ou 50 eucaliptos), 75% de energia, e polui o ar 74% menos que no processo de produção proveniente de matérias primas virgens.
- Plástico: o Brasil recicla hoje em média 20% dos polímeros produzidos no país, colocando o país em quarto lugar no ranking mundial de reciclagem. É um componente quase que totalmente reciclável uma das vantagens da reciclagem desse resíduo é a economia de energia que pode chegar a 50% do processo original de fabricação. Dentre esses polímeros, a garrafa PET (politereftalato de etila) está em destaque, pois é um resíduo 100% reciclável, reduz em 97% de economia de energia, 86% na economia de água, emite 98% menos de gás carbônico ao ser reciclada.
- Compostagem – técnica de tratamento no qual a matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, em condições adequadas de temperatura, umidade e aeração é modificada em um produto estável denominado composto orgânico com propriedades condicionadoras de solo. Este método reduz de forma significativa o volume dos resíduos; o produto final pode ser usado como adubo e como cobertura de aterros sanitários.

Lima (2004) define compostagem como ato ou ação de transformar os resíduos orgânicos através de processos físicos, químicos e biológicos em uma matéria biogênica mais estável e resistente a ação das espécies consumidoras.

- Incineração - para Mano, Pacheco e Bonelli (2005) consiste num processo de oxidação térmica a alta temperatura destruindo os resíduos para a redução do

volume e toxicidade. As unidades de incineração variam de porte e precisam de equipamentos adicionais de controle de poluição do ar, com a conseqüente demanda de maiores investimentos. Também precisam ser credenciadas pelos órgãos ambientais estaduais. Esse tipo de tratamento gera resíduo como escórias, cinzas e gases que devem receber tratamento adequado.

Lima (2004) afirma que a incineração é definida como o processo de redução de peso e volume de resíduos através de combustão controlada que gera gases e particulados lançado na atmosfera como fuligem ou negro fumo. Para diminuir essa quantidade de poluentes lançados na atmosfera, recomenda-se a instalação de dispositivos de filtragem e tratamentos de gases como ciclones, precipitadores eletrostáticos e torres de lavagem de gases.

- Tratamento biológico - para Mano, Pacheco e Bonelli (2005), é um tratamento que utiliza microrganismos específicos desenvolvidos em reatores. Alterando a fração orgânica sólida em líquidos e gases. Esse processo possibilita a reabertura das células de resíduos, a segregação e a destinação final dos resíduos inertes e compostos orgânicos. É um tipo de tratamento mais caro que o anaeróbico tradicional.

3.6 Pré-Tratamento da matéria orgânica como alternativa de minimização de impactos no aterramento de resíduos sólidos urbanos

Mahler³ (2002 apud JUNIOR, 2006, p. 18) define o pré-tratamento mecânico-biológico como a combinação de processos de separação, operação, minimização e disposição, seguidos por uma degradação estática ou não, aeróbica de forma geral. O pré-tratamento biológico não prevê qualquer separação dos materiais orgânicos dos inorgânicos encontrados nos resíduos sólidos urbanos. Assim, o preparo dos materiais para o pré-tratamento contará apenas com uma primeira etapa de tratamento mecânico que prevê a remoção de peças grosseiras da massa de resíduos (embalagens, pneus, pedras, latas, tecidos etc.) realizando em seguida uma homogeneização dos materiais resultantes, procurando abrir todas as

³ Mahler, C.F. **Parecer sobre o monitoramento científico do pré-tratamento mecânico biológico.** FABER-AMBRA. Instituto Alberto Luiz de Coimbra de pós-graduação e pesquisa de engenharia COPE, da UFRJ, 2002.

embalagens que os contêm. Com o pré-tratamento, os principais objetivos que poderão ser alcançados são:

- Minimização da massa e do volume dos resíduos a serem dispostos no aterro.
- Inativação dos processos químicos e biológicos dos resíduos, evitando a formação de gás e altas cargas no lixiviado.
- Redução da geração de lixiviados e aumento da vida útil do aterro.
- Imobilização de contaminantes de resíduos a serem dispostos de forma a reduzir a carga de contaminantes no lixiviado.

3.7 Análises dos resíduos sólidos urbanos

Para haver uma melhor gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos dos municípios brasileiros, primeiramente, é preciso conhecer o que é gerado. Para isto, a caracterização gravimétrica do mesmo é de primordial importância.

Segundo a ABNT-NBR 10.007/2004, a caracterização gravimétrica é a:

“Determinação dos constituintes e de suas respectivas percentagens em peso e volume, em uma amostra de resíduos sólidos, podendo ser físico, químico e biológico”.

Para Lima (2004) é muito importante conhecer os aspectos físicos e químicos dos resíduos sólidos, assim como suas tendências futuras, pois tais parâmetros possibilitam calcular a capacidade, tipo dos equipamentos de coleta, tratamento, e o destino final. Propriedades como volume, determinam as dimensões dos locais de descarga ou estações de transbordo, além do tempo de vida de um aterro sanitário. Além disso, a composição serve para mostrar as potencialidades econômicas do lixo.

Segundo a Comlurb (2013), a caracterização de resíduos sólidos urbanos se apresenta como um instrumento essencial para se determinar o que fazer com os mesmos, desde a coleta até o seu destino final, de forma sanitária, ambientalmente correta e economicamente viável, bem como mensurar a quantidade de resíduos

sólidos urbanos produzidos em cada área e gerar dados que definirão metas e modelos de gestão.

Para o (PROGRAMA..., 2002, p. 37) no Brasil, os resíduos sólidos urbanos são compostos em média das seguintes categorias: matéria orgânica 52.5%, papel e papelão 24.5%, vidro 1.6%, metais 2.3%, plásticos 2,9%, materiais têxteis, madeira, borracha, couro e outros tipos de materiais não identificados 16.2%.

Para Mano, Pacheco e Bonelli (2005), os resíduos sólidos urbanos apresentam uma grande variedade de componentes são eles:

- Metal: são recursos econômicos escassos e não renováveis, é representado pelas embalagens de aço e alumínio. Após o consumo, as latas de alumínio passam por um processo de reciclagem. Para isso são recicladas amassadas, enfardadas e encaminhada à indústria onde ocorrerá a fundição. Esse processo de reciclagem gera uma economia de aproximadamente 90% da energia que se gastaria para produzir o mesmo material através do material primário proveniente do minério.
- Vidro: obtido pela fusão de compostos inorgânicos, como areia, barrilha, calcário e feldspato. Podem ser reciclados garrafas de refrigerantes, cerveja, suco, água mineral, vinho e outras bebidas alcoólicas, frasco de molho, condimento, produto alimentício, remédio, perfume e produto de limpeza. Alguns objetos obtidos a partir do vidro apresentam dificuldades técnicas para a reciclagem em relação às embalagens comuns; por exemplo, espelhos, vidros de janela, box de banheiro, vidros de automóveis, potes de cristal, lâmpadas, fôrmas, travessas e utensílios de vidro temperado. Produzir o vidro a partir da sua reciclagem economiza a energia gasta na obtenção, no beneficiamento, transporte dos minérios e na própria transformação.
- Papel: composto de fibras celulósicas obtidas da madeira. Para ser reciclado, o papel não deve conter sujeiras, como: corda, barbante, metal, vidro, pedra, madeira e plástico.
- Plástico: os plásticos, as borrachas e as fibras são constituídos principalmente de polímeros. O desempenho mecânico é uma forma bastante utilizada para classificar os polímeros em: borrachas ou elastômeros, plásticos e fibras. Desses três tipos de material polimérico, os plásticos é que se encontram

mais presente nos resíduos sólidos urbanos, ocupam grande volume em relação ao peso, o que os tornam mais notórios, como poluidores do meio ambiente. Surgi então à necessidade da reciclagem desse material que reduzirá o volume descartado em vazadouros e aterros sanitários; a preservação dos recursos naturais, a diminuição da poluição; economia de energia; a geração de emprego, além de ser uma técnica de ampla aceitação pela população.

- Borracha: Os pneus são constituídos de borracha natural e sintética vulcanizada que são polímeros termorrígidos. Quando abandonados de maneira inapropriada, eles servem como local de propagação de doenças, mosquitos e roedores. Podem também representar um risco constante de incêndios, o que contamina o ar com uma fumaça tóxica. As tecnologias mais comuns para dar destino aos pneus usados, além de sua reutilização são a composição asfáltica, a reforma, a regeneração, a pirólise e a reciclagem energética.
- A matéria orgânica: encontrada nos refugos municipais contém basicamente resto de alimentos, constituindo de carboidratos: arroz, feijão, batata, mandioca, macarrão, proteínas, carne, peixe, ovo, gorduras, frituras, resto de vegetais: salada, frutas e verduras. Esse material heterogêneo é rico em nutrientes para microrganismos que se desenvolvem com facilidade e provocam fermentação. Esse componente é um resíduo valioso para a produção de adubo. O processo empregado denomina-se compostagem e consiste na estabilização biológica da matéria orgânica pela ação controlada de microrganismos para transforma-la em húmus. No Brasil, esse componente representa cerca de 60% dos resíduos sólidos urbanos coletados.
- Resíduos da construção civil: resultante da construção civil podem ser classificados em solo, materiais cerâmicos, materiais metálicos e materiais orgânicos. De maneira geral, a quantidade de resíduos da construção originada nas cidades é igual ou maior que a produzida pelos domicílios aproximando de 445 kg/habitante ao ano. Quando reciclados podem ser utilizados na fabricação de peças pré-moldadas não estruturadas, agregado para sub-base de pavimentos, fechamentos de valas. O agregado reciclado

apresenta qualidade inferior ao agregado tradicional, pois suas características variam de um lote para outro em razão da heterogeneidade dos resíduos.

Castro⁴ (1996 apud SOARES, 2011, p11.) cita que:

“A composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares é a primeira e mais importante etapa para qualquer trabalho referente a tais resíduos, quer seja no planejamento da limpeza urbana ou na orientação e determinação do sistema mais adequado para o tratamento e disposição.”

A composição gravimétrica significa uma informação importante na compreensão do comportamento dos resíduos e expressa em percentual, a presença de cada componente em relação ao peso total da amostra dos resíduos.

Esses estudos contribuem, ainda, para o inspecionamento ambiental, na compreensão do processo de decomposição dos resíduos e na estimativa de vida útil da área.

Ciwmb⁵ (2004 apud SOARES, 2011, p. 11) afirma que estudos de caracterização de resíduos também são utilizados para auxiliar no planejamento e no desenvolvimento de políticas, e para o dimensionamento de decisões para uma gestão integrada de resíduos sólidos.

O conhecimento da composição gravimétrica permite uma avaliação preliminar da degradabilidade, do poder de contaminação ambiental, das possibilidades de reutilização, reciclagem, valorização energética e orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Sendo, portanto, de grande importância na definição das tecnologias mais apropriadas ao tratamento e disposição final dos resíduos.

Segundo Lima (2004), para um método correto de análise qualitativa desses resíduos, alguns fatores que influenciam devem ser levados em conta como variações sazonais, oscilações do número de habitantes de um centro produtor de resíduo, expansão física da área urbana e o incremento na taxa de produção per capita.

⁴ CASTRO, M. C. A. A., 1996, **Avaliação da eficiência das operações unitárias de uma usina de reciclagem e compostagem na recuperação dos materiais recicláveis e na transformação da matéria orgânica em composto**. Dissertação de M. Sc., UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

⁵ Ciwmb-California Integrated Waste Management Board, 2004. **Statewide waste characterization study**. Disponível em: <<http://www.ciwmb.ca.gov/WasteChar/DBMain.htm>>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2010.

O mesmo autor ainda cita que por encontrar grandes diferenças nas composições gravimétricas em um mesmo país, esses resultados não podem ser generalizados, sob pena de se cometer grandes equívocos. Cada caso exige uma solução particular, principalmente quando se referir na escolha de um sistema de tratamento e destino final.

3.8 Geração de resíduos sólidos urbanos per capita na região sudeste

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2014), a geração per capita de resíduos sólidos urbanos na região sudeste equivale a 1,205 kg/hab./dia, especificamente no Estado de Minas Gerais a geração apontada é de 1,239 kg/hab./dia. Em 2013 a Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Agência RMBH), juntamente com o Governo do Estado de Minas Gerais publicou o Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos (PMRS), baseado em informações do IBGE (2010), dados da própria agência RMBH e da ABRELPE. O documento indica uma média per capita de geração de resíduos sólidos urbanos na RMBH de 0,87 Kg/hab./dia. Estas referências vão permitir a comparação com os dados locais relacionados à geração per capita de resíduos sólidos urbanos, evitando-se distorções e valores distantes da realidade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização

O presente trabalho foi realizado na cidade de Lagoa da Prata, que segundo o IBGE (2010) pertence à unidade federativa de Minas Gerais, estando sua sede municipal situada a 211 km a oeste da capital. Seu território possui limites confrontantes com os municípios de Japaraíba, Luz, Moema e Santo Antônio do Monte. Seus principais acessos são as rodovias MG-170 e MG-429. Administrativamente, além da sede municipal, possui o distrito de Martins. Além dessas centralidades, o município possui a localidade de Luciânia.

Segundo dados do censo demográfico do IBGE (2010), o município localiza-se na mesoregião central mineira, fazendo parte da microregião de Bom Despacho. Possui área de 439,682km² e densidade demográfica de 104,58hab/km², contando, portanto, com uma população de 45.984 habitantes, sendo que destes, 44.938 (95,52%) residem em área urbana e os demais 1046 (4,48%), em área rural. Sua área urbana é de 24,23km² e densidade de 1.869 hab/km².

4.2 Gestão dos resíduos sólidos em Lagoa da Prata

No município de Lagoa da Prata, o serviço de coleta, remoção e transporte do resíduo sólido domiciliar é realizado pela prefeitura, através das secretarias de meio ambiente e de limpeza pública.

Os serviços de coleta são realizados por 21 coletores, 02 motoristas e 02 caminhões, formando 05 equipes, sendo cada uma composta por 04 coletores, restando um coletor que atua conforme a necessidade, sobretudo na substituição de companheiros por motivo de falta. Um dos motoristas trabalha no período da manhã e da tarde, o outro motorista trabalha no período da manhã, da tarde e da noite, sendo remunerado com o pagamento de horas extras. Todos esses funcionários fazem parte do quadro efetivo da prefeitura municipal.

A prefeitura se encarrega dos serviços de manutenção e reparo dos caminhões da coleta, contando com um terceiro veículo reserva para a substituição temporária dos caminhões danificados ou em manutenção. Para a realização das tarefas diárias de coleta domiciliar, os equipamentos de proteção individual (EPIs)

disponibilizados pela Prefeitura aos funcionários são luvas e botas de borracha que evitam o contato direto com os resíduos, além dos uniformes para identificação

4.2.1 Coleta de dados para análise quantitativa

Para se quantificar os resíduos sólidos urbanos foram obtidos dados com a empresa terceirizada responsável pelo aterro sanitário, sendo esta responsável pela quantificação do resíduo gerado no município realizando esta função da seguinte forma: existe uma balança de pesagem instalada na portaria do aterro sanitário, toda vez que os caminhões saem para a operação de recolhimento dos resíduos, eles são pesados. E ao retornar após a coleta são novamente pesados, obtendo se através da diferença das massas, a quantidade de resíduos recolhido durante o dia.

Para obter a quantidade per capita de resíduo gerado no município, será feito o quociente dessa quantidade total de resíduos que foi pesado no dia da análise, com a quantidade de habitantes estimada pelo IBGE no ano de 2014.

4.2.2 Coleta de dados para o estudo gravimétrico dos resíduos urbanos em Lagoa da Prata

Para realização deste estudo, foi realizado um comunicado a toda a população da cidade através dos meios da imprensa, escrita e falado sobre uma alteração no dia da coleta do resíduo, sendo este então realizado no dia 30 de agosto de 2014 durante o período da manhã. Para os motoristas e ajudantes foi reforçado o pedido de que recolhessem o material em todos os bairros para que a amostra representasse a realidade do município.

Após o recolhimento do material deu-se início ao estudo gravimétrico sendo usada a metodologia do quarteamento proposta pela (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM), [200-]), cuja mesma consiste em reduzir uma amostra tornando-a homogênea e capaz de fornecer informações da massa ou conjunto.

Durante a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos, foram utilizados os seguintes materiais:

- Balança eletrônica Balmaq BK 50 para realizar o peso dos resíduos;
- Equipamentos de proteção individual (luvas, botas, máscaras);
- Bombonas para acondicionamento dos resíduos;

- Enxadas e pás para o rompimento dos sacos plásticos;

Em seguida, com os materiais para a realização do estudo e com autorização da prefeitura de Lagoa da Prata e da empresa terceirizada que administra o aterro, iniciou-se a caracterização física dos resíduos sólidos produzidos no município, conforme o processo descrito a seguir:

- Os caminhões coletores adentraram as instalações do aterro sanitário do município onde ocorreu primeiro a pesagem e depois o despejo de toda a carga em um local preparado para a realização do estudo (FIG. 1).

Figura 1- Despejo dos resíduos para formar a amostra



Fonte: Acervo pessoal.

- Após a descarga, foi utilizada uma retroscavadeira para homogeneização de todo resíduo coletado no dia. No processo alguns sacos de resíduos sólidos urbanos foram rompidos (FIG. 2).

Figura 2- Uso de retroscavadeira para homogeneização dos resíduos



Fonte: Acervo pessoal.

- Após a homogeneização deu-se início então a técnica do quarteamento, que segundo a (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM) [200-]) é um processo que visa diminuir o tamanho da amostra inicial coletada, dividindo-a em 4 partes e descartando 2 dessas partes (vis-à-vis). Depois do descarte, os dois quadrantes escolhidos de forma aleatória, originará a nova amostra, que será novamente homogeneizada e dividida em 4 partes. O processo é repetido até que se obtenha o tamanho de amostra ideal e de fácil manuseio que é de aproximadamente 200 kg (FIG. 3).

Figura 3 – Técnica do quarteamento



Fonte: Acervo pessoal.

- O material separado foi acondicionado em bombonas, a fim de se mensurar o peso dos resíduos sendo descontado o peso da bombona (tara) como pode ser observado na (FIG. 4).

Figura 4 – Acondicionamento e pesagem dos resíduos



Fonte: Acervo pessoal.

- Após a finalização do processo de separação e pesagem os dados foram tabelados, e assim teve-se o percentual de cada resíduo na amostra.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos urbanos

A quantidade de resíduos sólidos urbanos que o aterro sanitário recebeu na data do estudo foi de 40.219 Kg.

De acordo com a última estimativa de população residente nos municípios brasileiros, publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), no município de Lagoa da Prata vivem 49.654 habitantes. A partir desta quantidade de massa pesada no dia, dividida pelo número estimado de habitantes, resultou em um valor de geração per capita de 0,81 kg/hab./dia.

O resultado dos componentes dos resíduos sólidos urbanos encontrados no município de Lagoa da Prata em kg pode ser observado na TAB.1. Nota-se que a amostra final analisada foi de 378,57 kg de resíduos sólidos, sendo que a matéria orgânica representa a maior parte da amostra apresentando um total de 229,28kg e o plástico a menor fração correspondente a 7,33kg.

Tabela 1 – Quantidade dos componentes dos resíduos sólidos em Kg

Resíduo	Peso (kg)
Matéria Orgânica	229,28
Plástico	7,33
Vidro	10,38
Papel e papelão	33,32
Metal não-ferroso	16,34
Couro e Borracha	7,85
Têxtil	10,55
Madeira	13,42
Outros	50,10
Total	378,57

Fonte: próprio autor, 2015.

No GRAF. 1 pode ser analisada a composição gravimétrica em porcentagem dos resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar de Lagoa da Prata.

Os resíduos orgânicos compreendem 60,56% do total da amostra analisada. Tal resíduo se deve a grande quantidade de materiais de origem animal ou vegetal, como esterco de animais, serragem, restos de capinas e podas, restos de alimentos de cozinha etc. Esses resíduos poderiam passar por um processo de tratamento denominado compostagem onde toda matéria orgânica seria transformada através de processos físicos, químicos e biológicos em um composto que poderia ser usado como fertilizante.

Porém não vem sendo esta a destinação que vem ocorrendo com esse resíduo no município de Lagoa da Prata. Por não ter uma forma de tratamento adequado, esse resíduo é aterrado, aumentando consideravelmente o custo com o aterramento e diminuindo a vida útil do aterro, conseqüentemente tendo um aumento de chorume e gás metano em função da decomposição desse material.

Os resíduos analisados que se mostraram ser recicláveis estão representados pelo plástico, vidro, papel e papelão, metal não ferroso, que constituíram percentual de 1,94%, 2,74%, 8,80% e 4,32%, respectivamente. Esses resíduos se corretamente separados poderiam ser reciclados e serem fonte de renda para moradores do município.

No município estudado existe uma associação de catadores de recicláveis e outros galpões que também reciclam esses materiais. Mas o que se nota pelo resultado obtido é que somente com o trabalho desses catadores, não é possível retirar todo material reciclável que vai para o aterro, pois para que isso ocorra é necessário o envolvimento da população realizando a correta separação dos resíduos domésticos gerados diariamente.

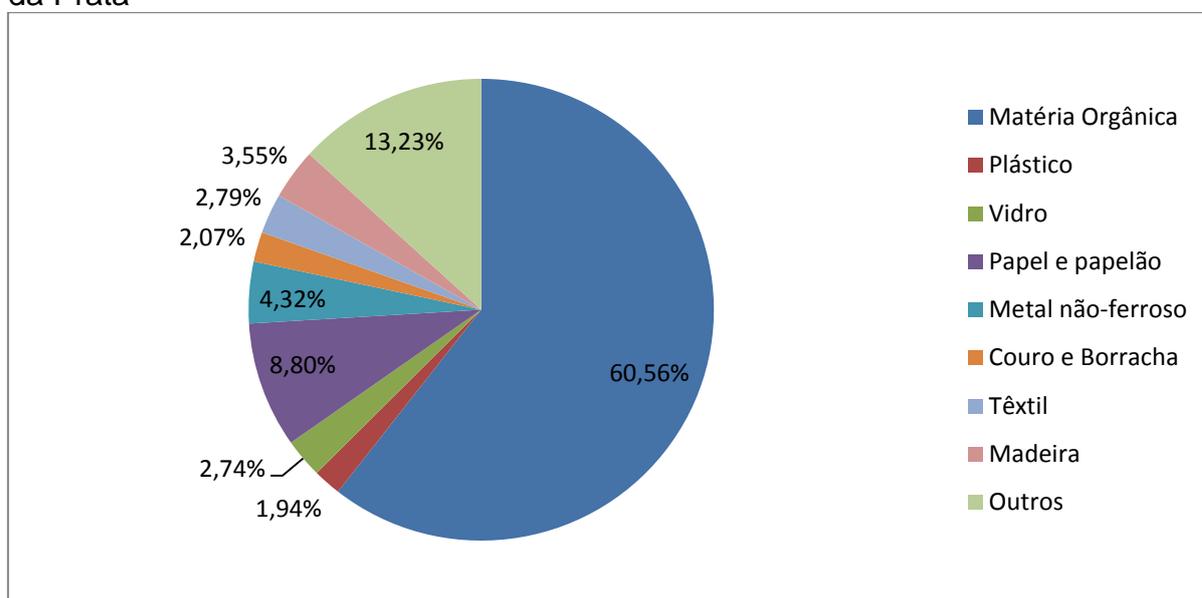
Outro fator que seria importante para o sucesso dessa operação, seria a realização da coleta de modo a facilitar a separação desses resíduos posteriormente, pois não tem sentido a população fazer a separação dos resíduos em casa, passar o caminhão compactador e recolher todo material, uma vez que ao serem compactados pelo caminhão para ocuparem menos espaço, esses materiais poderão sofrer contato com outros resíduos contaminados tornando esses materiais impróprios para reciclagem.

O couro e borracha, têxtil e madeira possuem o menor índice no gráfico com 2,07%, 2,79% e 3,55% respectivamente. Tais resíduos poderiam ser utilizados no

coprocessamento sendo fonte de energia através da sua incineração em fornos durante a produção de cimento ou clínquer. Mas como em Lagoa da Prata não existe tais indústrias, esse material também é aterrado.

A fração de 13,23% correspondente a outros, que são resíduos como fraldas, absorventes, fio dental, goma de mascar, papel, plástico, metal e vidros que necessariamente são aterrados por serem considerados resíduos que possuem algum tipo de contaminante sendo impróprios para reciclagem.

Gráfico 1- Composição gravimétrica em porcentagem dos resíduos sólidos de Lagoa da Prata

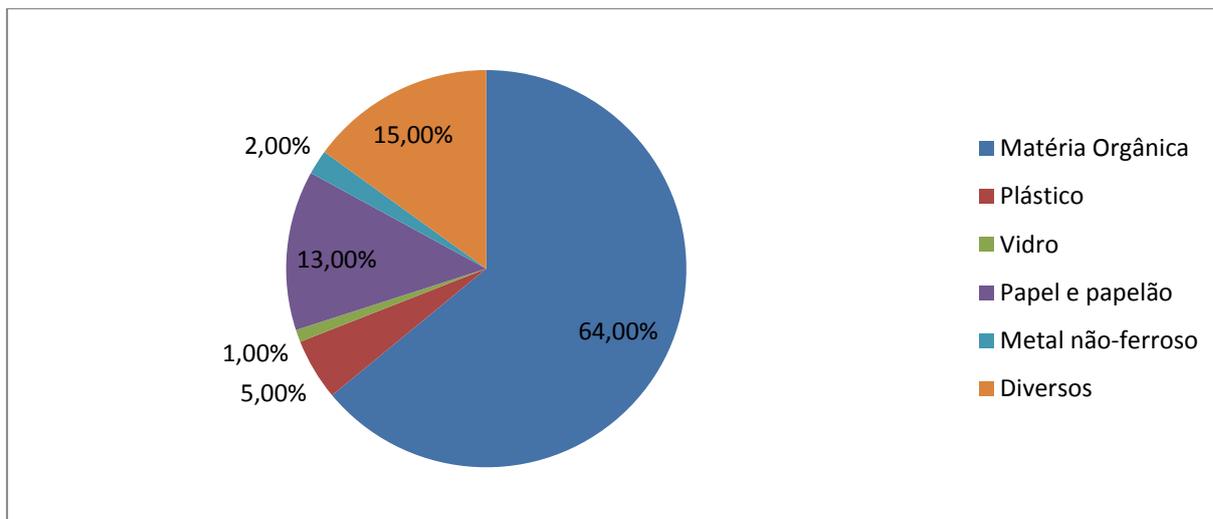


Fonte: próprio autor, 2015.

Segundo (BRASIL, 2012) os componentes dos resíduos sólidos urbanos no Brasil comparado com Minas Gerais não tem demonstrado grandes diferenças para municípios com diferentes populações conforme demonstrado no (GRAF.2), (GRAF.3), (GRAF.4), (GRAF.5) e (GRAF.6).

Em uma comparação com o resultado dos resíduos sólidos que são gerados no Brasil, Lagoa da Prata produz uma menor quantidade de matéria orgânica e plástico. Nos resíduos diversos que teriam que ser aterrados, Lagoa da Prata produz uma quantidade maior, pois o município não consegue dar uma correta destinação a madeira, couro, têxtil e borracha (entende-se borracha nesse caso por câmaras de ar e chinelos velhos) resultando em 21,64% de Lagoa da Prata contra 15% no Brasil como mostrado no (GRAF. 2).

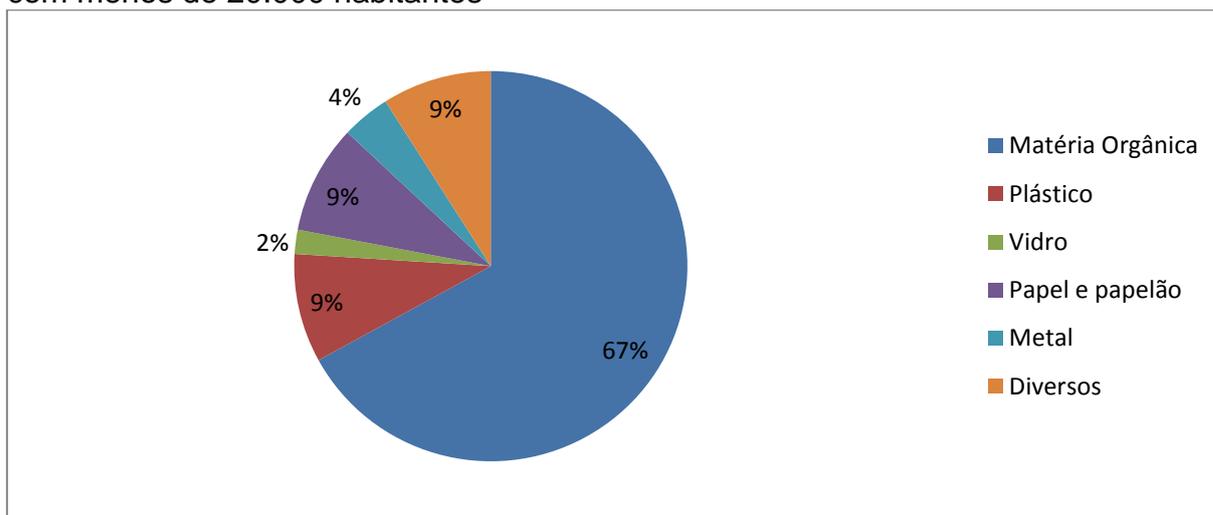
Gráfico 2- Percentual dos componentes dos R.S.U. no Brasil



Fonte: Brasil, 2012.

Analisando o (GRAF.3), com municípios de até 20.000 habitantes, Lagoa da Prata tem uma menor produção de matéria orgânica. Em relação a componentes que se mostram recicláveis (plástico, vidro, papel e papelão) o município também apresenta uma menor produção, o que pode ser influência da associação de catadores e dos galpões que reciclam tais componentes.

Gráfico 3- Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com menos de 20.000 habitantes

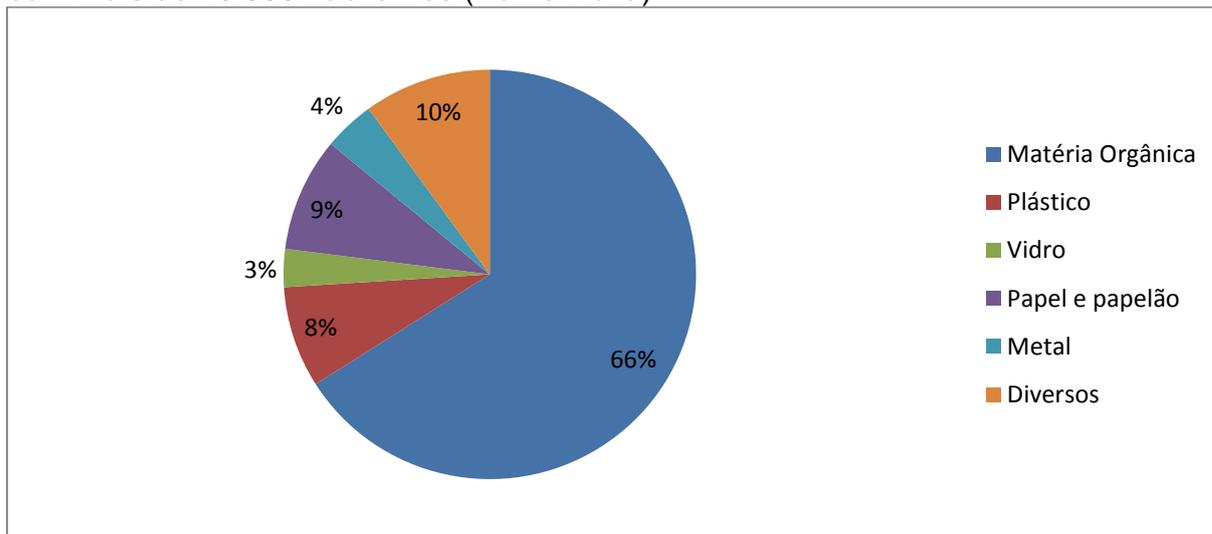


Fonte: Brasil, 2012.

O município estudado possui 49.654 habitantes e ao fazer a comparação da composição dos resíduos que são gerados, com a geração de resíduos em cidades que possuem mais de 40.000 habitantes mostrado no (GRAF.4), o município

apresenta mínimas variações dos componentes. Exceto pela matéria orgânica, onde Lagoa da Prata produz 5,44% a menos, o que pode estar relacionada aos níveis de desenvolvimento econômico, tecnológico, sanitário e cultural, com as práticas de reciclagem e os hábitos de desperdícios dos moradores.

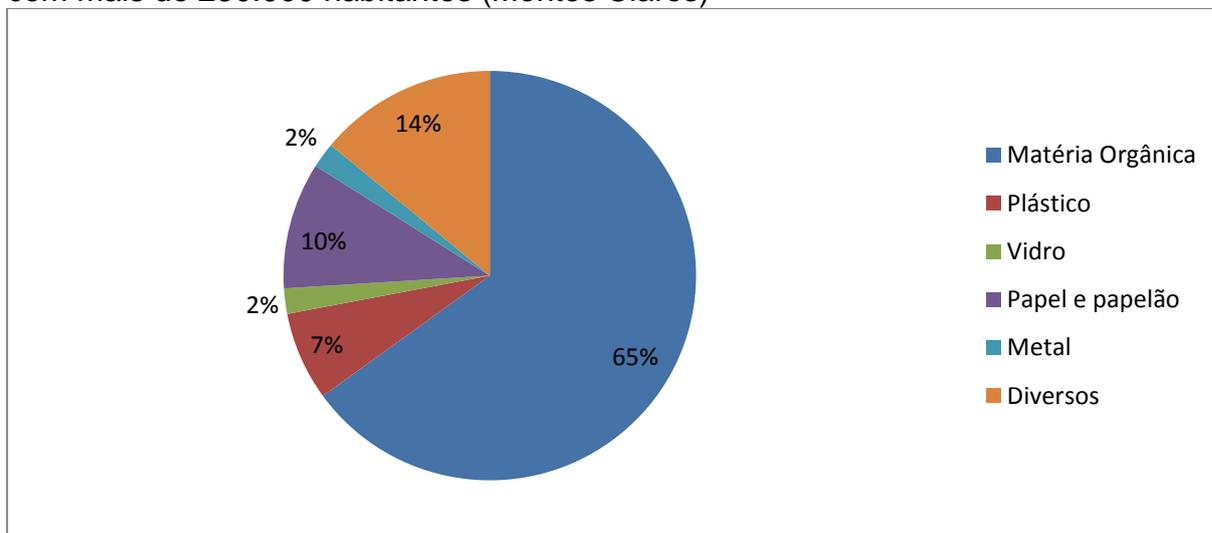
Gráfico 4 - Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com mais de 40.000 habitantes (Ponte Nova)



Fonte: Brasil, 2012.

Comparando o resultado de Lagoa da Prata com municípios com mais de 250.000 habitantes, o que se observa é uma menor produção de matéria orgânica, plástico, papel e outros por parte de Lagoa da Prata como mostrado no (GRAF.5).

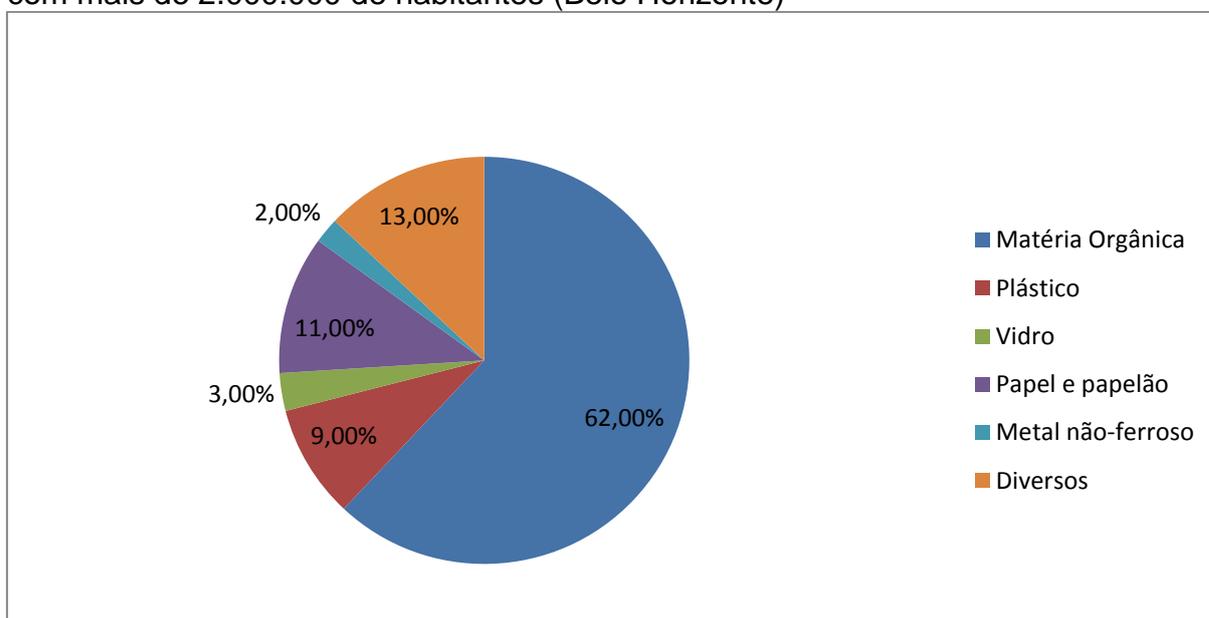
Gráfico 5 - Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com mais de 250.000 habitantes (Montes Claros)



Fonte: Brasil, 2012.

Ao confrontar os resultados de Lagoa da Prata com municípios com mais de 2.000.000 de habitantes, é possível observar pouca variação da geração de matéria orgânica entre os municípios e uma elevada geração de plástico por parte dos municípios com mais de 2.000.000 de habitantes, fato que pode ser explicado pelo grande consumo por parte desses habitantes de sacolas plásticas ao embalar suas compras em supermercados e posteriormente o descarte delas junto aos resíduos produzidos diariamente com mostrado no (GRAF. 6).

Gráfico 6 - Percentual dos componentes dos R.S.U. em municípios de Minas Gerais com mais de 2.000.000 de habitantes (Belo Horizonte)



Fonte: Brasil, 2012.

Para que se possa ter uma dimensão da viabilidade econômica e ambiental da reciclagem desses resíduos, Ribeiro e Morelli (2009, p.60) afirmam que 800 mil pessoas sobrevivem da catação de recicláveis com uma renda média de 1 a 1,5 salário mínimo por mês e citam os benefícios da reciclagem dos principais componentes dos resíduos sólidos urbano sendo eles alumínio, vidro, papel e plástico.

5.2 Análise econômica do aterro

De acordo com dados fornecidos pela prefeitura municipal o custo para compactação de uma tonelada de resíduo é de R\$ 120,00 evidenciando a

necessidade de ações de conscientização da população para triagem dos materiais, pois de acordo com os dados apresentados pode-se reduzir em até 78,36% (percentual da soma da matéria orgânica, plástico, vidro, papel e metal não ferroso) o depósito de matéria no aterro gerando uma grande redução de custo.

Transformando essa operação em números, dos R\$ 120,00 pagos para a empresa que compacta os resíduos no aterro, 78,36% dos resíduos poderiam sofrer algum tipo de tratamento e não serem aterrados, ou seja, uma economia de R\$ 94,03 por tonelada compactada. Em um dia, considerando a atual operação e com uma média de 40.000 Kg de resíduo que entra no aterro, atualmente tem um custo para aterrar de R\$ 4.800,00. Caso o método proposto fosse implantado, o custo para aterrar seria de R\$ 1.038,72, pois dos 40.000 kg que entraria no aterro, somente 8.656kg seriam aterrados, representando uma economia diária de R\$ 3.761,28.

Outro benefício que poderia ser obtido com a conscientização é o aumento da vida útil do aterro que de acordo com secretaria do meio ambiente de Lagoa da Prata, o aterro sanitário começou a funcionar em 27/08/2010 e tem uma estimativa de receber em média 40 toneladas de resíduos por dia. Levando-se em conta essa média diária de resíduo recebido e a capacidade física do aterro, foi estimada uma vida útil de 20 anos.

Ou seja, em 2030 ele já estaria com sua capacidade esgotada. Se houvesse a implantação do método proposto, a vida útil do aterro sanitário seria aumentada em aproximadamente 15,67 anos que corresponde a 78,36% (quantidade de resíduos que não seria aterrada por dia) dos 20 anos iniciais de vida útil.

5.3 Método proposto para separação e reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos de Lagoa da Prata

Um método sugestivo para separação dos resíduos recicláveis seria a instalação de uma usina de triagem e compostagem no aterro sanitário. Onde o caminhão entraria no aterro, descarregaria os resíduos em um fosso de depósito inicial e uma garra hidráulica alimentaria a esteira de separação dos resíduos. Nessa esteira ficaria uma equipe de trabalhadores separando manualmente o que for considerado reciclável. Assim conseguiria separar os resíduos recicláveis, da matéria orgânica e do que realmente precisaria ser enterrado. Os resíduos recicláveis seriam vendidos, a matéria orgânica passaria por um processo

denominado compostagem que a transformaria em adubo e o que restaria desse processo seria enterrado.

Caso não seja possível instalar a usina de triagem no aterro sanitário, a solução seria instalá-la em algum terreno que seja licenciado para fazer a operação de triagem dos resíduos.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no estudo, foi constatado que a geração diária de resíduos por habitantes foi de 0,81 kg/hab./dia. Quanto à composição dos resíduos gerados em Lagoa da Prata, pode se observar que sua grande maioria é composto pela matéria orgânica contendo 60,56% dos resíduos sólidos urbanos seguido por outros 13,23% (fraldas, absorventes, fio dental, goma de mascar, papel, vidro, plástico e metais que estejam contaminados), madeira 3,55%, têxtil 2,79%, couro e borracha 2,07%, metais não ferrosos 4,32%, papel e papelão 8,80%, vidro 2,74% e plástico 1,94%.

A destinação mais adequada para realidade do município seria que a matéria orgânica sofresse o tratamento por compostagem, a fração de outros, madeira, têxtil, couro e borracha fossem aterrados, lembrando que madeira, têxtil, couro e borracha podem passar por um tratamento denominado coprocessamento, não sendo possível esse tratamento em Lagoa da Prata por não possuir indústria que permita esse tratamento.

O vidro, plástico, papel e papelão e metal não ferrosos poderiam ser reciclados, sendo uma alternativa de renda para os moradores do município.

O método proposto seria a instalação de uma usina de triagem no aterro sanitário do município

Existindo a possibilidade de implantação do método no município, a vida útil do aterro seria aumentada em aproximadamente 15,67 anos e haveria uma redução de custo de operações equivalente a R\$ R\$ 3.761,28 por dia.

REFERÊNCIAS

ABREU, Bruno Soares de. **Resíduos sólidos urbanos e seus aspectos sociais, econômicos e ambientais – Estudo de caso**. 2009.86p. Mestrado em recursos naturais- Universidade Fed. de Campina Grande. Centro de Tec. e Recursos Naturais. Programa de Pós-Graduação em Rec. Naturais, Campina Grande, 2009. Disponível em: <http://www.recursosnaturais.ufcg.edu.br/dissertacoes2009.html>. Acesso em: 29 jun. 2015.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE. **Plano metropolitano de resíduos sólidos: Região metropolitana de Belo Horizonte e colar metropolitano (PMRS)**. Belo Horizonte: Agência RMBH, 2013. Disponível em: http://www.metropolitana.mg.gov.br/system/attachments/148/original/2013_02_06_PLANO-METROPOLITANO-RES%C3%84DUOS-S%C3%93LIDOS_v20.pdf?1366985211 > Acessado: 30 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm > Acessado em: 30 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <www.abetre.org.br/biblioteca/publicacoes/publicacoes-abetre/classificacao-de-residuos>. Acesso em 03 jun. 2015.

BARBOSA, R.P; IBRAHIN, F.I.D. **Resíduos sólidos**. Impactos, manejo e gestão ambiental. São Paulo: Érica Ltda, 2014.

BORGES, M.E. **Aterro Sanitário: planejamento e operação**. Viçosa: Cpt, 2008.

BRASIL. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/aproveitamento_20energ_c3_a9tico.pdf>. Acesso em: 08 out. 2015.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA: **plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do Rio de Janeiro-2013**. Disponível em: < <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/residuos-solidos> > Acessado em 15 ago. 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Geração per capita, peso específico e composição gravimétrica dos RSU nos municípios de Minas Gerais.** [200-] Disponível em:

<http://www.feam.br/component/content/article/13textoinformativo/1307-geracao-per-capita-e-composicao-gravimetrica-dos-rsu-nos-municipios-de-minas-gerais>
Acessado em 21 ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: **estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01.07.2014.** Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php>. Acessado em 08 de ago. 2015.

JUNIOR, A. B. de C (Cord.) **3 Resíduos sólidos.** Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterro sanitários. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

LIMA, L. M.Q. **Lixo:** tratamento e biorremediação. São Paulo: Hemus, 2004.

MANO, E. B; PACHECO É. B.A. V; BONELLI, C. M.C. **Meio ambiente poluição e reciclagem.** São Paulo: Edgard blucher, 2005.

PROGRAMA bio consciência: Lixo municipal - Manual de Gerenciamento Integrado. 2. Ed. reimp. Brasília: Cempre, 2002.

RIBEIRO, D.V. MORELLI, M, R. **Resíduos sólidos:** problema ou oportunidade? Rio de janeiro: Interciência, 2009.

SCARLATO, Francisco Capuano; PONTIN, Joel Arnaldo. **Do nicho ao lixo:** ambiente, sociedade e educação. São Paulo: Atual, 1993.

SOARES, E. L. Souza Ferreira. **Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos.** 2011.133p. Disponível em: http://www.getres.ufrj.br/pdf/SOARES_ELSF_EJP_11_T_M_.pdf. Acessado em: 28 jun. 2015

