

### **III-334 - PARÂMETROS FÍSICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DOS RSU AO LONGO DE UMA SÉRIE SAZONAL NO SUL DO AMAZONAS**

#### **Aldecy de Almeida Santos**

Graduação em Engenharia Sanitária-Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (2005). Mestre em Física e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Mato Grosso (2008). Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco (2012). Professor da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) desde 2009. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária.

#### **Heron Salazar Costa**

Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas (1994), graduação em Licenciatura em Ciências, também pela Universidade Federal do Amazonas (2001), mestrado em Agronomia pela Universidade de São Paulo (1998) e Doutorado em Biotecnologia pela Universidade Federal do Amazonas (2007). Atualmente, é professor do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA) - UFAM em Humaitá-AM. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo.

#### **Luiz Airtton Gomes**

Graduação em Engenharia Civil pela UFMT (1977), mestrado em Engenharia Civil: Área de Hidráulica e Saneamento pela USP (1980), Diploma em Engenharia Sanitária pelo International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering - IHE de Delft, Holanda (1986) e doutorado em Engenharia Ambiental pela University of Newcastle upon Tyne, Inglaterra (1994). Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da UFMT.

#### **Mauricio Alves da Motta Sobrinho<sup>(1)</sup>**

Graduação em Engenharia Química pela UNICAP (1992), mestrado em Engenharia Química pela UFCG (1995), doutorado em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (2001) e Pós-Doutorado na UFPE (2005) e na Universidade do Minho (Portugal) (2013). Atualmente é professor Adjunto do DEQ-UFPE e dos PPG em Engenharia Química (do qual é vice-coordenador) e em Engenharia Civil da UFPE. Pesquisador 2 do CNPq desde 2004. Avaliador INEP/MEC

#### **Rodrigo Tartari**

Graduação em Engenharia Ambiental pela Faculdade União das Américas (2005). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2008). Professor Assistente I do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas, Campus Vale do Rio Madeira. Tem experiência na área de Engenharia Ambiental.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** UFPE - Departamento de Engenharia Química - Rua Prof. Arthur de Sá, s/n - Cidade universitária - Recife - PE - CEP 50.740-521- Brasil - Tel: +55 (81) 2126-7268 - Fax: +55 (81) 2126-7268 - e-mail: [mottas@ufpe.br](mailto:mottas@ufpe.br) .

### **RESUMO**

O crescimento da população, a industrialização, a urbanização e o crescimento econômico geram como consequência o aumento significativo da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). A grande maioria dos municípios brasileiros não apresenta plano de gestão e infraestrutura que ofereça o adequado tratamento e disposição final dos seus resíduos, gerando uma série de problemas ambientais e de saúde pública. Isto tem como consequência a poluição do ar, do solo e dos recursos hídricos. Sendo assim, o presente trabalho visa Caracterizar os parâmetros físicos e físico-químicos dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados na cidade de Humaitá/AM ao longo de uma série temporal. A variação temporal das características físicas e físico-químicas dos resíduos sólidos indicam a redução da quantidade de matéria orgânica e o aumento dos materiais relacionados ao aumento da renda da população

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos Urbanos, Caracterização, Amazônia, Humaitá.

### **INTRODUÇÃO**

O crescimento da população, a industrialização, a urbanização e o crescimento econômico geram como consequência o aumento significativo da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (KAUSHAL *et al.*, 2012). Pode-se verificar, através dos dados disponibilizados pela Associação Brasileira de Empresas de

Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que no Brasil há uma forte correlação entre o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) e o aumento da geração de resíduos sólidos.

A grande maioria dos municípios brasileiros não apresenta plano de gestão e infraestrutura que ofereça o adequado tratamento e disposição final dos seus resíduos, gerando uma série de problemas ambientais e de saúde pública. Isto tem como consequência a poluição do ar, do solo e dos recursos hídricos.

As características qualitativas e quantitativas dos resíduos podem variar em função de vários aspectos, como os sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si. Em relação aos aspectos biológicos, os resíduos orgânicos podem ser metabolizados por vários microrganismos decompositores, como fungos e bactérias, aeróbios e/ou anaeróbios, cujo desenvolvimento dependerá das condições ambientais existentes. Além desses microrganismos, os resíduos sólidos podem apresentar microrganismos patogênicos, como os resíduos contaminados por dejetos humanos ou de animais domésticos, ou certos tipos de resíduos de serviço de saúde (ZANTA *et al.*, 2006).

A quantidade de resíduos produzida por uma população é bastante variável e depende de uma série de fatores, como renda, época do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana e novos métodos de acondicionamento de mercadorias, com a tendência mais recente de utilização de embalagens não retornáveis (CUNHA *et al.*, 2002).

De acordo com Abrelpe (2011) o resíduo doméstico no Brasil é composto de cerca de 50% de matéria orgânica. Esse percentual varia de acordo com os seguintes fatores: climáticos – as chuvas aumentam o teor de umidade. No outono há mais folhas e no verão, mais embalagens de bebida; épocas especiais – os feriados aumentam o teor de embalagens; demográficos – quanto maior a população urbana, maior a produção *per capita*; sócio-econômicos – quanto maior o nível cultural, educacional e aquisitivo, maior a incidência de materiais recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica. Quando acontecem campanhas ambientais, há uma redução de materiais não-biodegradáveis como plásticos.

A Tabela 1 apresenta a diferença entre a geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos em alguns países da União Européia, da América do Norte, e da América Latina e Caribe (SOBRAL, 2007).

**Tabela 1.** Geração *per capita* de resíduos sólidos domiciliares em alguns países.

País	Kg/hab/dia	América Latina e Caribe	Kg/hab/dia
Estados Unidos**	2,02	Paraguai	1,17
Austrália	1,89	México	1,05
Canadá	1,80	Venezuela	1,03
Finlândia	1,70	Chile	0,93
Holanda	1,37	Brasil	0,88
França	1,29	Peru	0,71
Japão	1,12	Colômbia	0,69
Espanha	0,99	Cuba	0,61
América Latina e Caribe*	0,91	Haiti	0,37

Fonte: Sobral (2007)

\* Avaliação de Resíduos. Dados de 1996. (OPS, 2005).

\*\* EPA. Municipal Solid Waste in the United States. Facts and Figures-2003

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) Resíduos Sólidos (RS) (2007) informou que a massa coletada média *per capita* Resíduo Domiciliar (RDO) + Resíduo Público (RPU): 0,97 Kg/habitante urbano/dia. A massa coletada média *per capita* RDO: 0,73 Kg/habitante atendido/dia.

Segundo Pfeiffer e Carvalho (2009), a média brasileira *per capita* de resíduos é de aproximadamente 0,7 kg/dia de resíduos.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar os parâmetros físicos e físico-químicos dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados na cidade Humaitá/AM ao longo de uma série temporal.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As análises físicas e físico-químicas realizadas nos resíduos sólidos estão descritas a seguir, assim como o procedimento amostral.

### **1) Amostragem e Determinação da composição gravimétrica**

A determinação da composição gravimétrica dos resíduos ocorreu na Universidade Federal do Amazonas no Campus de Humaitá/AM no período de 2010 a 2011.

As amostras foram obtidos do caminhão de coleta de resíduos domiciliares e comerciais, tendo com o objetivo estudar de forma representativa, a quantidade de resíduos produzida na cidade, de acordo com seus componentes como papel, papelão, plástico, Pet, trapo, metais (ferrosos e não ferrosos), alumínio, vidros, madeira, couro, borracha, entulhos, embalagens tetrapack, pilhas, baterias, material de jardinagem, matéria orgânica e outros.

O procedimento para obtenção da amostragem foi estabelecido conforme metodologia de quarteamento determinada pelo Jardins *et al.* (1995). Os materiais utilizados foram os seguintes: balança; enxadas, garfos, pás e facas empregadas para rompimento dos receptáculos, para separar e revolver os materiais, formar montes e coletar as amostras; 20 m<sup>2</sup> de lona plástica, para impedir o contato dos resíduos com o solo; 02 tambores de 200 litros, para coleta da amostra, mesa de triagem e EPI's (máscaras, luvas, botas de borracha e avental), para proteção dos trabalhadores.

A metodologia utilizada para análise das amostras seguiu os passos a seguir. A Figura 1 ilustra alguns destes.

- 1º Passo: Descarregaram os resíduos do caminhão sobre a lona;
- 2º Passo: Procedeu-se a pesagem total dos resíduos, utilizando-se tambor de 200L;
- 3º Passo: Formou-se uma pilha com todos os resíduos coletados e pesados e, posteriormente, coletaram-se quatro pilhas de 100L utilizando os tambores. Antes da coleta das amostras efetuou-se o rompimento dos receptáculos (sacos plásticos em geral) e homogeneizou-se, o máximo possível, os resíduos. Ainda, consideraram-se os materiais rolados (latas, vidros, etc.);
- 4º Passo: Pesaram-se as amostras dos resíduos coletados, anotando-se o peso total das amostras em planilha específica;
- 5º Passo: Os resíduos foram dispostos sobre uma lona. Estes materiais constituíram as amostras utilizadas para determinação de sua composição gravimétrica.



**Figura 1.** Procedimento para determinação da quantidade e composição gravimétrica dos RSU. A) Pesagem do caminhão vazio e com RSU. B) Descarregamento dos resíduos sólidos na lona. C) Reviramento dos resíduos sólidos para o quarteamento. D) Pesagem dos materiais para determinar da composição gravimétrica.

Para a determinação da composição gravimétrica, foi realizada a separação dos materiais em uma mesa de triagem e pesou-se cada tipo de resíduo, calculando as porcentagens individuais, conforme Equação 01.

$$Material(\%) = \frac{\text{Peso da fração do material (Kg)} \times 100}{\text{Peso total da amostra (Kg)}} \quad \text{equação (01)}$$

## 2) Preparação das amostras para análises

Após pesagem do resíduo coletado na cidade, todo material foi colocado sobre uma lona onde foi utilizado a metodologia de quarteamento. No final do quarteamento foram coletadas aproximadamente 3 a 5 kg de amostra que foi homogeneizada, e com auxílio de uma tesoura foi cortada (papel, papelão, trapo, plástico, casca, e outros)..

Essas amostras foram encaminhadas ao laboratório, para realização das análises do teor de umidade e resíduo seco, pH, teor de substância voláteis e não-voláteis, Teor de Carbono e Teor de Nitrogênio total (BRAGA *et al.*, 2000).

## 3) Determinação da massa específica aparente solta

A massa específica dos resíduos foi obtido pela análise da amostra ainda não submetida à secagem. As amostras foram colocadas em tambores de 200L e depois foram pesados. O cálculo do peso específico foi realizado conforme a Equação 02.



$$\text{Peso específico (Kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso da amostra (Kg)}}{\text{Volume do recipiente (m}^3\text{)}} \quad \text{equação (02)}$$

#### 4) Determinação de pH

O método consistiu em manter uma amostra fresca de resíduo de 50g em contato com 1000 mL de solvente por 8 minutos, no caso água deionizada isenta de CO<sub>2</sub>. O extrato obtido foi então separado da fase sólida e seu pH foi medido com um pHmêtro digital. Como pré-tratamento da amostra analítica, a fim de que não se perca a característica de estado natural do analito, a amostra foi picada manualmente com o auxílio de uma tesoura reforçada, até que se obtivessem pedaços não maiores que dois centímetros, e finalmente homogeneizada.

#### 5) Determinação do teor de umidade e resíduo seco

De acordo com Lima (2004), para a determinação do teor de umidade, a amostra foi submetida a um processo de secagem a 105° C. O total de peso perdido na secagem foi o valor da água contida na massa (U). O material remanescente desse processo foi definido como Resíduo Seco (RS).

A somatória de U + RS deve ser igual ao peso inicial da amostra. As Equações 03 e 04 são as representações matemáticas desses processos:

$$\text{Umidade U (\%)} = \frac{(W_iA - W_fA) \times 100}{W_iA} \quad \text{equação (03)}$$

$$\text{Resíduo Seco (RS) (\%)} = (100 - U\%) \quad \text{equação (04)}$$

nas quais: U% = teor de água na massa (%); W<sub>i</sub>A = peso inicial da amostra (g); W<sub>f</sub>A = peso final da amostra (g); RS = teor de resíduo seco (%)

#### 6) Determinação do teor de substância voláteis e não-voláteis

Para a determinação da percentagem de Sólidos Voláteis contidos na massa de resíduo, a amostra analítica foi submetida a uma temperatura de 550° C no período de duas horas. A fração de matéria que se volatiliza no processo foi definida como Sólidos Voláteis (SV) (Equação 5). O total remanescente foi conhecido como Sólido Não-Voláteis (SNV) (Equação 6). A somatória destes (SV) + (SNV) deve ser igual ao peso inicial da amostra.

$$\text{Sólidos Voláteis (SV) (\%)} = \frac{(W_iA - W_fA) \times 100}{W_iA} \quad \text{equação (05)}$$

$$\text{Sólidos Não - Voláteis (SNV) (\%)} = (100 - U\%) \quad \text{equação (06)}$$

nas quais: SV = Teor de Sólidos Voláteis (%); SNV = teor de sólidos não-voláteis (%); W<sub>i</sub>A = peso inicial da amostra (g); W<sub>f</sub>A = peso final da amostra (g)

#### 7) Determinação empírica do Teor de Carbono

A razão entre o Teor de Carbono e os Sólidos Voláteis (SV) pode permanecer constante durante determinado período. Com base neste princípio, foi possível calcular o Teor de Carbono empiricamente, introduzindo-se na Equação 7 o valor real de (SV), encontrado pela aplicação do método anterior.

$$\text{Teor de Carbono (C) (\%)} = (B \times SV) \quad \text{equação (07)}$$

na qual: C = Teor de Carbono da amostra (%); B = razão entre C/SV; SV = Teor de Sólidos Voláteis (%)

No Brasil pode-se adotar valores aproximados de 0,5. No entanto, deve-se frisar que há uma tendência para a redução do valor de (B), pois com a evolução do processo de urbanização o Teor de Sólidos Voláteis tem aumentado significativamente Lima (2004).

### **8) Determinação do Teor de Nitrogênio (Kjeldahl)**

O nitrogênio Kjeldahl é definido como o nitrogênio presente em forma de amônia, mais a porção de nitrogênio que pode ser cataliticamente reduzida a amônia em solução concentrada de ácido sulfúrico e sulfato de potássio, usando-se óxido de mercúrio como catalisador.

De acordo com Orth *et al.* (1976), a amostra deve ser aquecida, brandamente no início, e depois vigorosamente, até que toda matéria orgânica seja mineralizada. A amostra foi resfriada, diluída e adicionado zinco granulado para evitar a projeção da amostra; foi adicionada também solução de hidróxido de sódio com tiosulfato em excesso para garantir o meio alcalino. Em seguida, transferido imediatamente para o destilador Kjeldahl. O destilado foi disposto em solução titulada de ácido sulfúrico.

Com 200 mL da amostra destilada, foi realizada a titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio, utilizando-se como indicador de ponto final uma solução de vermelho de metila. Através Equação 8 obtém-se o valor do NTK.

$$\text{Nitrogênio - Kjeldhal (Nk) (\%)} = \frac{(S - L) \times 70,035}{W_i A} (\pm 0,05) \quad \text{equação (08)}$$

na qual:  $N_k$  = Teor de Nitrogênio (em % de resíduo seco);  $W_i A$  = peso inicial da amostra (mg); S = equivalente de ácido sulfúrico (0,05 N) no receptor; L = equivalente de hidróxido de sódio (0,05 N) usado na titulação

### **9) Determinação da produção *per capita* e da produção de resíduos na cidade**

Para a determinação da produção *per capita* do resíduo da cidade de Humaitá/AM foram anotados quantas residências foram coletados pelo caminhão de resíduos sólidos da cidade. Toda essa massa foi dividida pela quantidade de pessoas. Sendo assim, temos o quanto habitante produziu diariamente de resíduo.

## **RESULTADOS**

Na Tabela 1 estão apresentados os valores da composição gravimétrica dos resíduos quantificados ao longo do período estudado.

**Tabela 1.** Composição gravimétrica (%) dos resíduos sólidos de Humaitá/AM.

Componentes	2010 *1	2010*2	2011*3	Soma	Med.
Papel	3,90	5,10	5,30	14,30	4,8
Papelão	2,50	3,98	3,70	10,18	3,4
Plástico filme	4,20	6,50	6,60	17,30	5,8
Plástico rígido	4,80	5,10	4,70	14,60	4,9
Pet	0,70	0,80	1,30	2,80	0,9
Trapó	1,50	1,90	2,60	6,00	2,0
Metais ferrosos ( Ferro, lata, flandes, etc.)	3,30	3,80	2,70	9,80	3,3
Metais não ferrosos (bronze, prata, chumbo, antimônio, cobre, etc.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumínio	0,03	0,01	0,001	0,041	0,00
Isopor	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vidros coloridos	2,0	2,20	2,90	7,10	2,40
Vidros não coloridos	0,85	0,80	1,00	2,65	0,90
Madeira	0,70	0,50	0,85	2,05	0,70
Couro	0,10	0,05	0,01	0,16	0,10
Borracha (pneus e similares)	0,50	0,50	0,40	1,40	0,50
Entulhos de construção	3,56	5,00	5,67	14,23	4,70
Tetra pak	0,002	0,003	0,005	0,01	0,00
Pilhas	0,00	0,001	0,001	0,002	0,00
Resíduos tecnológicos (monitores, CPU, peças, celulares, carregadores, etc.)	0,003	0,002	0,007	0,012	0,00
Baterias	0,00	0,001	0,001	0,002	0,00
Resíduo hospitalar	0,97	1,35	1,59	3,91	1,30
Material de jardinagem (folhas, galhos e congêneres)	7,68	2,987	3,349	14,016	4,70
Matéria Orgânica (restos de alimentos)	56,448	54,8	52,393	163,641	54,50
Outros (Restos de espuma, isopor, fraldas, papel higiênico, etc.)	6,257	4,616	4,923	15,796	5,30
Total	100,00	100,00	100,00	-	100,0

**Legenda;** \*1: Medições realizadas no mês março de 2010 (Período Chuva); \*2; Medições realizadas no mês setembro de 2010 (Período Seca); \*3: Medições realizadas em junho de 2011 (Período Seca); Soma: valor acumulado ao longo das medições; Med.: Média.

No ano de 2010, a média dos materiais recicláveis como papel (4,5%), papelão (3,24%), plásticos filme (5,35%), plástico rígido (4,95%), Pet (0,75%), metais ferrosos (3,55%), alumínio (0,02%), vidros coloridos (2,10%), vidros não coloridos (0,825%) e embalagens tetra pak (0,025%) foi de 25,31%. No ano de 2011, observamos o aumento da média do percentual dos mesmos materiais recicláveis para 28,21%, provavelmente pelo aumento da renda e hábitos sociais da população, gerando como consequência o crescimento do consumo de bens industrializados. Outro fator que reforça essa hipótese é o aumento da geração dos resíduos de entulhos da construção civil e resíduos tecnológicos. Ambos ligados ao aumento da atividade econômica e aumento da renda.

No estudo foi observado que o percentual de matéria orgânica apresentou variação negativa. Apresentando valores de participação percentuais cada vez menores. Esse fato, também reforça a possível explicação de que essa evolução se relaciona com o aumento da renda. Nos últimos cinco anos, no Brasil, vem ocorrendo um aumento da renda da população das Classes E e D, o que vem mudando os hábitos da população IBGE (2010).

Um exemplo da consequência desse aumento de renda nas residências é a melhor eficiência na estocagem e refrigeração dos alimentos como peixes, frutas e legumes. O que favorece a diminuição das perdas de alimentos.

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentadas as estatísticas descritivas dos parâmetros físico-químicos no período de chuva e seca com os valores mínimos, máximo, média e desvio padrão.

**Tabela 2.** Estatísticas descritivas das amostras de resíduos no período de seca.

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média	SD
pH	3,90	5,10	-	0,29
Teor de Umidade (%)	19,00	54,00	34,81	10,02
Resíduo Seco (%)	46,00	81,00	63,05	11,13
Sólidos Voláteis (%)	21,84	58,51	41,54	10,95
Sólidos Não Voláteis (%)	13,50	26,16	21,50	2,87
Teor de Carbono (%)	13,10	35,11	24,93	6,57
Teor de Nitrogênio (%)	0,50	1,30	0,90	0,22

**Legenda:** SD:= Desvio Padrão Amostral; n = Número de determinações realizadas para o parâmetro.

**Tabela 3.** Estatísticas descritivas das amostras de resíduos no período chuvoso.

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média	SD
pH	4,00	5,30	-	0,53
Teor de Umidade (%)	40,00	67,00	47,52	7,69
Resíduo Seco (%)	33,00	60,00	52,48	7,69
Sólidos Voláteis (%)	27,90	54,80	45,05	7,44
Sólidos Não Voláteis (%)	4,60	12,00	7,43	2,08
Teor de Carbono (%)	16,74	32,88	27,03	4,46
Teor de Nitrogênio (%)	0,70	1,90	1,16	0,36

**Legenda:** SD:= Desvio Padrão Amostral; n = Número de determinações realizadas para o parâmetro.

O pH dos resíduos sólidos de Humaitá apresentou-se ácido, na faixa de 3,90 a 5,10 no período de seca e na faixa de 4,00 a 5,30 no período de chuva. Essa tendência pode ser justificada devido a todas as amostras conterem composições de matéria orgânica relativamente parecida e as análises terem sido feitas com as amostras ainda frescas, não havendo dessa forma decomposição avançada da matéria orgânica.

Todas as análises de pH dos resíduos sólidos feitas no período de estudo estão bem próximo da faixa entre 4,00 a 7,00, o que é esperado para esse material, conforme Monteiro *et al.* (2001).

Conforme esperado, os valores para os Teores de Umidade (%), no período chuvoso foram mais elevados que no período seco e os valores de Resíduo Seco foram mais elevados no período de seca do que no período chuvoso. Tais resultados são bem coerentes, pois na época chuvosa, o valor total dos resíduos tende a ser mais elevado devido maior umidade, influenciado pela elevada precipitação da região, fazendo com que o valor relativo da parte seca seja menor em relação ao total. Na época seca, o valor de referencia tende a ser menor devido a pouca umidade causada pela menor precipitação, aumentando assim os valores percentuais de resíduos secos. Tais resultados reforçam as constatações mencionadas por Monteiro *et al.* (2010), segundo as quais os valores de umidade variaram conforme a sazonalidade do ano (precipitação e umidade relativa do ar).

Os valores de Sólidos Voláteis (SV) se apresentaram próximos em ambas as épocas de regime de chuva consideradas. Tais valores de SV confirmam os elevados teores de matéria orgânica e materiais de moderada a lentamente biodegradável como plásticos, papel e outros obtidos na composição gravimétrica. Leite (2008) encontrou teor de sólidos voláteis acima de 59%, apontando assim a existência considerável de material passível



de degradação. Entretanto, o uso deste parâmetro para analisar a biodegradabilidade de um material pode ocasionar equívocos de interpretação, pois alguns materiais como os têxteis (98% de SV), plásticos (87 de % SV), borracha e couro (74% de SV) e papel/papelão (81% de SV) apresentaram um elevado teor de SV, e em contrapartida são classificados como moderadamente a lentamente biodegradáveis, podendo ainda conter uma elevada fração de substâncias não-biodegradáveis.

O Teor de Carbono pode ser obtido de forma empírica a partir do valor teórico para razão entre o Teor de Carbono o Teor de os Sólidos Voláteis (LIMA, 2004). Os resultados obtidos de 13,10% para época seca e 16,74% para chuvosa, estão inferiores a faixa de 29,90 a 49,00% encontrada por Lima (2004). Tal discrepância, provavelmente pode está relacionada com os valores menores de SV obtidos no material de Humaitá quando comparados pelos estimados para o material analisado pelo referido autor.

O teor de Nitrogênio é um parâmetro muito importante devido a sua relação Carbono: Nitrogênio (C:N), indicando a capacidade decomposição dos resíduos e assim se constituírem em compostos orgânicos bioestabilizados. No início de um processo de compostagem a relação carbono/nitrogênio ideal é da ordem de 30:1 e no final do processo de 18:1 indicando que o material decomposto atingiu uma bioestabilização (KIEHL, 1980).

O teor médio de Nitrogênio Kjeldhal obtido para o material de Humaitá foi de 0,90% para época seca (setembro de 2010) e 1,16 % para época chuvosa. O valor obtido para época seca está abaixo do limite inferior da a faixa de 1,09% a 2,20% encontrada por Lima (2004). No entanto, o valor obtido para época chuvosa está dentro da referida faixa. Essa diferença pode ser explicada pela particularidade da composição da matéria orgânica. Muito provavelmente, em Humaitá, a matéria orgânica apresenta uma relação C:N muito elevada, pois o consumo de alimentos ricos em proteína deve ser baixo, e conseqüentemente, os restos alimentares encontrado nos resíduos sólidos urbanos da cidade também deve apresentar elevada relação C:N.

A produção *per capita* determinada na cidade de Humaitá foi de 0,43 e 0,45 kg/hab./dia em 2010 e 2011, respectivamente. Estes valores são inferiores à faixa média nacional de 0,5 a 0,8 kg/hab./dia para municípios de 30.000 a 500.000 mil habitantes (MONTEIRO, 2001). Oliveira (2010) encontrou uma produção *per capita* entorno de 0,41 kg/hab./dia no município de Humaitá/AM.

A produção diária de RSU em 2010 e 2011 foi de aproximadamente 13,104 toneladas e 13,714 toneladas, respectivamente. Oliveira (2010) encontrou uma produção diária de RSU de cerca de 11,150 toneladas avaliando quatro rotas baseado na eficiência de 90% da coleta no município de Humaitá/AM.

## CONCLUSÕES

A variação temporal das características físicas e físico-químicas dos resíduos sólidos gerados observadas ao longo da série temporal, na cidade de Humaitá/AM indicam a redução da quantidade de matéria orgânica e o aumento dos materiais relacionados ao aumento da renda da população.

As diferenças de composição observadas entre os valores para cada estação do ano indicam uma forte influência na composição. Tal fato deve ser levado em conta na tomada de decisão sobre os procedimentos mais adequados por parte dos responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Humaitá.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.2011. Disponível em: <http://www.abrelpe.com.br> Acesso em: 20 de setembro de 2012.
2. CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J.V. Management of solid urban waste collection: structuring and application of a non-linear goal programming model. Gestão & Produção, v. 9, n. 2. p.143-161.Aug. 2002.
3. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Contagempopulacional. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
4. KAUSHAL, R. K.; VARGHESE, G. K.; CHABUKDHARA, M. "Municipal Solid Waste Management In: India-Current State and Future Challenges: A Review". International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST).Vol. 4 No.04.India. p. 1473-1489, 2012.

5. KIEHL, E.I. Testes para acompanhar o processo de compostagem. Piracicaba: USP/ESALQ, 1980.
6. LEITE, H. E. A. S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um biorreator em escala experimental na cidade de Campina Grande-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, p. 218, 2008.
7. LIMA, L.M.Q. Lixo: tratamento e biorremediação. 3Ed. Hermus, 2004, 265p.
8. JARDIM, N. S. (Coord.) *et al.* Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. Led.Instituto de Pesquisa Tecnológicas IPT. São Paulo: Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 1995, 278 p.
9. MONTEIRO, J.H.P. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) Rio de Janeiro. 2001.
10. ORTH, M. H. A. Aterros Sanitários. Revista de Limpeza Pública. São Paulo, v. 8, n. 20, p 26-34. 1981.
11. PFEIFFER, S. C; CARVALHO, E. H. R. Otimização de rotas para veículos coletores: nível 2. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA – 35 p. 2009.
12. SOBRAL, F.L. Diagnóstico das cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis nos municípios pertencentes à bacia hidrográfica Tietê - Jacaré: Realidades e perspectivas. Dissertação de mestrado Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Centro Universitário de Araraquara – UNIARA. 2007.
13. ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. R.; LANGE , L. C.; PESSIN, N. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpo d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES. 494 p. 2006.