

**DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO
MUNICÍPIO DE TUPÃ-SP**

**DISTRIBUTION OF THE URBAN SOLID WASTE PRODUCTION IN THE
TUPA-SP TOWN**

Gracely O. T. PEREIRA¹

Danilo F. PEREIRA²

RESUMO

A geração de resíduos sólidos varia de acordo com características da população, por exemplo, a renda. Este trabalho avaliou o padrão de geração de resíduos sólidos urbanos do município de Tupã-SP, a partir de um histórico da pesagem desses resíduos, classificados por zona urbana, valendo-se da hipótese de que as zonas urbanas de Tupã possuem população com características distintas. Utilizou-se para avaliar o padrão de geração de resíduos sólidos a mineração de dados, e para verificar diferenças entre as zonas urbanas, o teste de comparações múltiplas de kruskal-wallis. Observou-se nos resultados que cada zona urbana possui um padrão diferente de geração de resíduos sólidos, no que se refere a quantidade e o dia da semana. Porém, não foram observadas diferenças significativas na produção total de resíduos sólidos urbanos entre as zonas residenciais.

Palavras-chave: mineração de dados, resíduos sólidos domiciliares, zonas urbanas.

ABSTRACT

The production of solid waste varies in accordance with characteristic of the population, for example, the income. This research evaluated the standard of generation of urban solid waste of the Tupã-SP town, from a description of the weight of these waste, classified for urban zone, using itself the hypothesis of that the urban zones of Tupã possess population with distinct characteristics. The data mining was used to evaluate the standard of generation of solid waste, and to verify differences between the urban zones, the test of multiple comparisons of kruskal-wallis. It was observed in the results that each urban zone possesss a different standard of generation of solid waste, with respect to amount and the day of the week. However, significant differences in the total production of urban solid residues between the residential zones had not been observed.

Keywords: data mining, domestic solid waste, urban zones.

¹ Mestranda em Engenharia Civil, FEIS/UNESP. E-mail: gortegatavares@gmail.com

² Professor Assistente Doutor, CET/UNESP. E-mail: danilo@tupa.unesp.br

INTRODUÇÃO

ABNT (2004) define lixo como "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo se apresentar no estado sólido e líquido, desde que não seja passível de tratamento." Os que são passíveis de tratamento são considerados resíduos que pode ser sólido, líquido ou gasoso.

A disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos – RSU é algo que vem preocupando os administradores públicos e, de certa, forma a população. Os municípios a partir da Constituição Federal de 1988 adquiriram autonomia para legislar, organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local.

O município, que se tornou Estância Turística em 2002, se preocupa com a disposição correta dos resíduos sólidos, e vem desenvolvendo o programa "Gestão Ambiental Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos"- GAIRSU que tem por objetivo integrar os diversos aterros à disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos. A GAIRSU compreende o Aterro Sanitário (disposição dos resíduos sólidos domiciliares), o Projeto "Reciclar é Legal!" (disposição de material reciclado), o Aterro da Estância do Piva (disposição de galhos de poda e varrição de ruas), o Aterro de Resíduos da Construção Civil e a Estação de Transbordo dos Resíduos Sólidos do Serviço de Saúde (disposição dos resíduos de saúde - em processo de implantação).

A quantidade de resíduos sólidos produzido é bastante variável entre as populações e

depende de vários fatores, como renda e época do ano (Cunha & Caixeta Filho, 2002). Porém, Oliveira *et al.* (1999) afirmam que a caracterização dos resíduos sólidos domiciliares de um município pode ser comparada a de outros municípios, ou até mesmo utilizada como base para municípios que ainda não tenham caracterizado os resíduos, desde que as populações tenham características semelhantes. Em Botucatu-SP, o resíduo sólido domiciliar foi caracterizado como 74,1% de matéria orgânica e 7,6% de papel e papelão. Assim, considera-se que os resíduos sólidos domiciliares do município de Tupã é constituído na sua maior parte de material orgânico.

A gestão integrada de resíduos sólidos é um grande desafio para as administrações locais, por possuírem grande dificuldade na coleta e na sistematização dos dados (Braga & Ramos, 2006). Observa-se que os municípios possuem bairros com perfis sócio-econômicos distintos, geralmente havendo uma concentração das populações em função da renda.

Considerando-se as características de concentração da população no município e que diferentes populações podem produzir quantidades de resíduos sólidos diferentes, este trabalho tem o objetivo de verificar, a partir de uma amostra de dados históricos de peso dos resíduos sólidos urbanos coletados no município de Tupã-SP, se existe diferença significativa na quantidade de lixo *per capita* produzida nas diferentes zonas urbanas, e encontrar um padrão de

geração de lixo no município nas suas diferentes zonas.

Breve histórico do município de Tupã

O município, antes da chegada dos homens brancos, era habitado pelos índios Coroados, também chamados de Kaingang. Em 1905 houve a primeira expedição de reconhecimento do Sertão Paulista pela Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo.

Anos após a expedição da Comissão, o pernambucano Luis de Souza Leão, empreendedor, fundou em 12 de outubro de 1929 o município de Tupã, em uma região de matas com árvores frondosas e entre os Rios do Peixe e Aguapeí. Logo após sua fundação, muitos migrantes e imigrantes italianos, portugueses, japoneses, espanhóis

e letos, vieram para Tupã, atraídos pelas “terras férteis”, dando o início ao desenvolvimento da agricultura no município.

Com a vinda e a instalação desses imigrantes no município, iniciou-se a derrubada das matas, dada às políticas desenvolvimentistas da época, para dar lugar à monocultura do algodão e, logo em seguida, começaram os plantios de café. O auge da produção agrícola em Tupã aconteceu nos anos 50, com o predomínio da cultura do café e do amendoim. Depois da decadência da agricultura, devido a forte política de apoio à indústria nacional, o município enfrentou o forte êxodo rural, que teve como consequência o aumento da população na periferia do município.

MATERIAIS E MÉTODO

Caracterização das zonas urbanas de Tupã-SP

A Estância Turística de Tupã encontra-se na região da Alta Paulista, oeste do Estado de São Paulo. Localiza-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos, UGRH-20 Aguapeí - Peixe e situa-se nas coordenadas geográficas 21°56'00" de latitude sul e 50°30'47 de longitude oeste.

O município é dividido em zonas (Figura 1), sendo elas: Norte, Sul, Leste, Oeste e Centro. De maneira geral as zonas urbanas são caracterizadas predominantemente como sendo residenciais, porém existem pontos contendo

estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, principalmente no Centro.

As zonas Norte e Oeste possuem perfis populacionais semelhantes, de classe média alta, sendo que, a zona Oeste possui população mais numerosa. A zona Sul é caracterizada por uma mescla de bairros de classe média baixa e pobre. Na zona Central moram as famílias mais tradicionais de Tupã, sendo observada maior concentração de renda nesta área. A zona Leste foi a zona urbana que mais cresceu nos últimos anos, sendo sua população essencialmente de pobres.

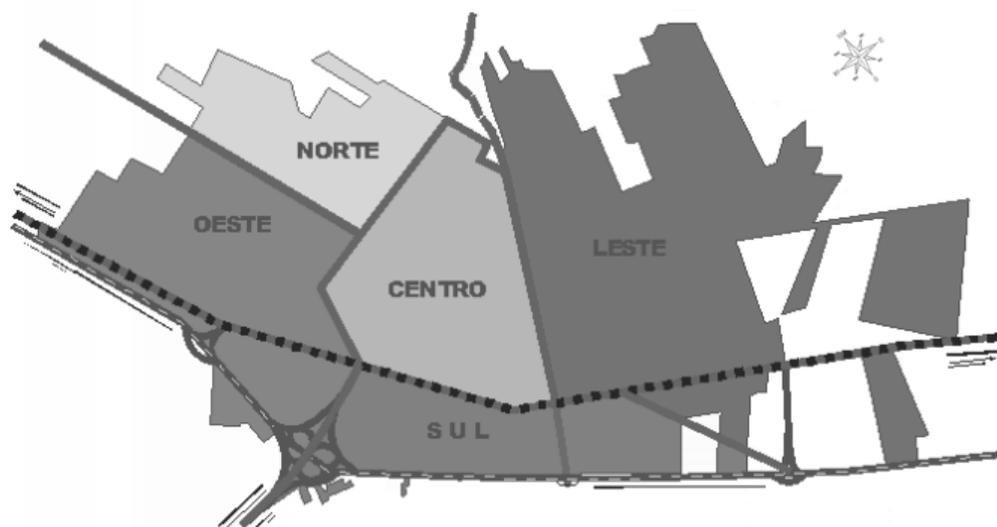


Figura 1. Mapa da área urbana do município de Tupã-SP e localização das respectivas zonas (Fonte: Prefeitura de Tupã-SP).

De acordo com IBGE (2007), o município Tupã possui 62.256 habitantes. Na Tabela 1 são apresentados os dados da distribuição da população urbana

por zonas, obtidos na agência do IBGE de Tupã. A população do município de Tupã por zona urbana é descrita na Tabela 1.

Tabela 1. População do município de Tupã por zona urbana.

Zona	População	Porcentagem
Leste	29.543	48,97%
Sul	5.531	9,17%
Norte	5.484	9,09%
Oeste	9.445	15,65%
Centro	10.329	17,12%

Sistema de coleta de lixo urbano

Observa-se no município de Tupã-SP que a maneira predominante de acondicionar o lixo são por meio de sacolas plásticas, o que facilita a coleta. O lixo mal-acondicionado gera risco à saúde e segurança dos lixeiros e da população e poderá causar poluição ambiental

A operação da coleta de lixo engloba desde a partida do veículo da garagem, até o retorno ao ponto de partida, compreendendo todo o percurso gasto na viagem para remoção dos resíduos dos locais onde foram acondicionados.

A coleta dos resíduos sólidos domiciliares é realizada diariamente no município, não funcionando aos domingos. É feita pelos garis, por caminhões caçambas e por caminhões compactadores, que podem reduzir a 1/3 o volume inicial dos resíduos. Posteriormente, esses resíduos são levados ao aterro sanitário municipal. Em 2005, a quantidade de lixo coletado no município foi aproximadamente de 40 toneladas por dia. A Tabela 2 a seguir, mostra a escala temporal de coleta de lixo do município.

Tabela 2. Escala temporal de coleta de lixo do município de Tupã-SP.

Dias	Local
2 ^a a 6 ^a	Zona Norte, Zona Sul, Zona Leste e Centro
2 ^a , 4 ^a , 5 ^a e 6 ^a	Zona Oeste
2 ^a , 4 ^a e 6 ^a	Distritos (Universo, Parnaso e Varpa)
Sábado e Domingo	Centro

No município de Tupã, todo o resíduo sólido urbano domiciliar é recolhido pela prefeitura e disposto no aterro sanitário, a exceção dos resíduos recicláveis e hospitalares que têm recolhimento e disposição diferenciados.

Neste trabalho foi analisada apenas a produção de lixo das zonas urbanas, desconsiderando-se os distritos do município. Foram utilizados dados de pesagem do lixo urbano de Tupã-SP, referente ao período de outubro de 2005 a janeiro de 2006. Os caminhões de

coleta de lixo eram pesados na entrada do aterro sanitário e os valores de peso, zona urbana do município na qual foi realizada a coleta do lixo e o dia da semana eram anotados. Para dias e zonas em que apenas um caminhão de lixo não era suficiente para recolher todo o material, os valores de pesagem foram somados de maneira que cada registro na base de dados representasse a quantidade diária de lixo coletado em cada zona do município.

Mineração de dados

A mineração de dados (*data mining*) consiste no processo de extrair conhecimento e estrutura de uma base de dados que inicialmente não se consegue observar padrões. Nas bases de dados supervisionadas, os registros são classificados segundo algum

critério e, nesses casos, é possível obter árvores de decisão como modelo resultante.

A mineração de dados ocorre em fases (etapas). O modelo de projeto de mineração de dados mais usual é o modelo CRISP-DM, descrito na Figura 2 (CHAPMAN et al., 2000).

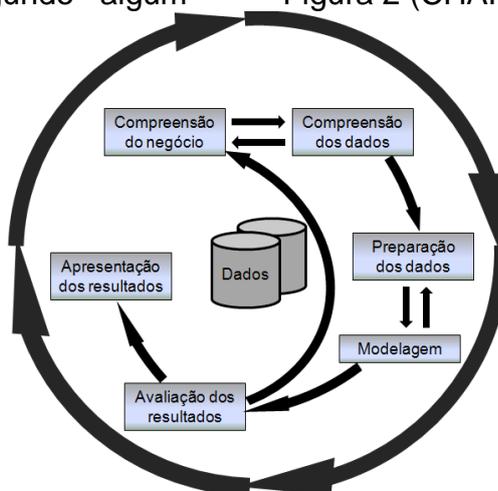


Figura 2. Fases do modelo de referência CRISP-DM.

O ciclo de um projeto de mineração de dados consiste em

seis fases (Figura 2). A seqüência de fases não é rígida e alternar

entre fases diferentes é desejável. Dependendo do resultado de cada fase define-se qual deve ser a fase executada na seqüência. As setas indicam as principais dependências e as seqüências mais freqüentes entre fases.

O círculo externo simboliza a natureza cíclica da própria mineração de dados. A mineração de dados não é finalizada uma vez que a solução é encontrada. A experiência aprendida durante o processo e a solução desdobrada pode provocar novas perguntas, freqüentemente mais focada no negócio. Os processos de mineração subseqüentes se beneficiarão das experiências precedentes.

Os modelos são desenvolvidos em duas fases: treinamento e teste. Treinamento refere-se a construção de um novo modelo, usando dados históricos. Teste refere-se a utilização do modelo em um conjunto de dados ainda não explorado para determinar a sua precisão. O treinamento do modelo é feito em uma porção razoável do total dos dados disponíveis, enquanto o teste é feito em uma pequena parte dos dados que foram reservados exclusivamente para esse fim.

Neste trabalho, escolheu-se um modelo de predição com

classificação. Um modelo de predição com classificação é utilizado para estabelecer uma específica classe para cada registro do banco de dados. A classe deve ser um conjunto finito de possíveis e predeterminados valores de classe.

Para o modelo de classificação pretendido, foram selecionadas duas variáveis de interesse, que foram registrados no aterro: "Dia da semana" e "Zona urbana". Para a variável "Dia da semana", foram definidas cinco categorias: Segunda, Terça, Quarta, Quinta e Sexta, referindo-se aos dias da semana de coleta dos resíduos sólidos domiciliares. Não se considerou os dias de sábado e domingo pelo fato da administração pública do município ter reservado esses dias para recolher os resíduos sólidos do comércio e da feira-livre. Para a variável "Zona urbana" foram definidas cinco categorias: Centro, Leste, Norte, Oeste e Sul.

Além das variáveis predictoras, foi definida uma variável resposta "Índice de lixo". Este índice foi calculado a partir de dados da população obtidos no posto do IBGE do município, calculou-se o Índice de Lixo produzido por habitante em cada zona urbana, conforme equação (1).

$$\text{Índice Lixo}_{\text{ZonaUrbana}} = \frac{\text{Pesagem do lixo de dia}}{\text{Número de hab.}} \quad (1)$$

De acordo com dados de Brown (1993), a produção de lixo pode variar de $0,46 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ em Kano (Nigéria) a $2,27 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ em Chicago (Estados Unidos). Segundo Cunha & Caixeta Filho (2002), o índice *per capita* brasileiro

está em torno de 0,50 a $1,00 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$.

Para classificar a quantidade de lixo per capita em cada zona do município de Tupã, foram estabelecidos dois valores categóricos:

“Muito” para
 $\text{Índice Lixo} \geq M \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$
 - “Normal” para
 $\text{Índice Lixo} < M \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$

Onde M é a média de produção de lixo dos habitantes do município

Análise estatística

Para testar a hipótese de que a quantidade de lixo produzido por habitante é diferente para cada zona urbana do município, realizou-se um teste de comparações múltiplas de medianas de kruskal-wallis, para um nível de significância de 5%.

$$\begin{cases} H_0 : \text{As medianas das populações são iguais} \\ H_1 : \text{As medianas das populações são diferentes} \end{cases} \quad (9)$$

Supondo k amostras de tamanhos N_1, N_2, \dots, N_k , com tamanho total dado por $N = N_1 + N_2 + \dots + N_k$. Supondo que os dados do conjunto de todas as amostras são

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{N_j} - 3(N+1) \quad (10)$$

Então, pode-se mostrar que a distribuição H é muito próxima de uma *distribuição qui-quadrado* com $k-1$ graus de liberdade, desde que N_1, N_2, \dots, N_k maiores ou iguais a cinco (SPIEGEL, 2002).

Para as comparações múltiplas das medianas, rejeita-se a hipótese nula quando o valor da estatística H

de Tupã-SP, desde que a média esteja contida no intervalo proposto em Cunha & Caixeta Filho (2002).

A mineração de dados foi realizada no software WEKA 3.4.11[®].

O teste H de Kruskal-Wallis aplicado no *Statistical Minitab Software*[®] é uma generalização do teste de mann-whitney, sendo uma alternativa para análise de variância para dois ou mais conjuntos de dados com distribuições não normalizadas. A hipótese nula desse teste é descrito abaixo:

contados (atribuídos postos) e que as somas dos postos para k amostras são R_1, R_2, \dots, R_k , respectivamente. A estatística é definida como:

$> \chi^2_{sup}$, sendo que χ^2_{sup} é uma variável *qui-quadrado* definida para um nível de significância α e graus de liberdade $\varphi = k - 1$ (FONSECA e MARTINS, 1996).

As análises estatísticas foram realizadas no *software* MINITAB 15[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da produção de lixo no município de Tupã-SP

Os registros de pesagem do lixo urbano de Tupã foram sistematizados em uma planilha. Nesta sistematização, foram excluídos registros incompletos e calcularam-se os índices de geração de lixo *per capita*. Devido a

coleta não ser realizada todos os dias em todas as zonas do município, fez-se correções na pesagem de cada dia, conforme descrito a seguir.

- Para as pesagens de segunda-feira, calculou-se a média para o fim

de semana (dividiu-se o peso por três), exceto para o Centro que possui coleta todos os dias.

- Para pesagens de quarta-feira da Zona Oeste, dividiu-se o peso por dois para compensar o não recolhimento do lixo do dia anterior.

Os dados revelaram que a média diária de lixo produzido por habitante do município é de $0,70 \text{ kg}$. Esse valor está contido no intervalo estimado por Caixeta Filho (1999) de produção de lixo no Brasil ($0,50$

a $1,00 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$). Para classificar o índice de produção de lixo, definiu-se que “Muito” será atribuído para o *Índice Lixo* $> 0,70$ e “Normal” para *Índice Lixo* $\leq 0,70$.

A partir da base de dados sistematizada, obteve-se um modelo de árvore de classificação mostrada na Figura 3, utilizando-se o algoritmo de validação *cross validation* com 10 pastas.

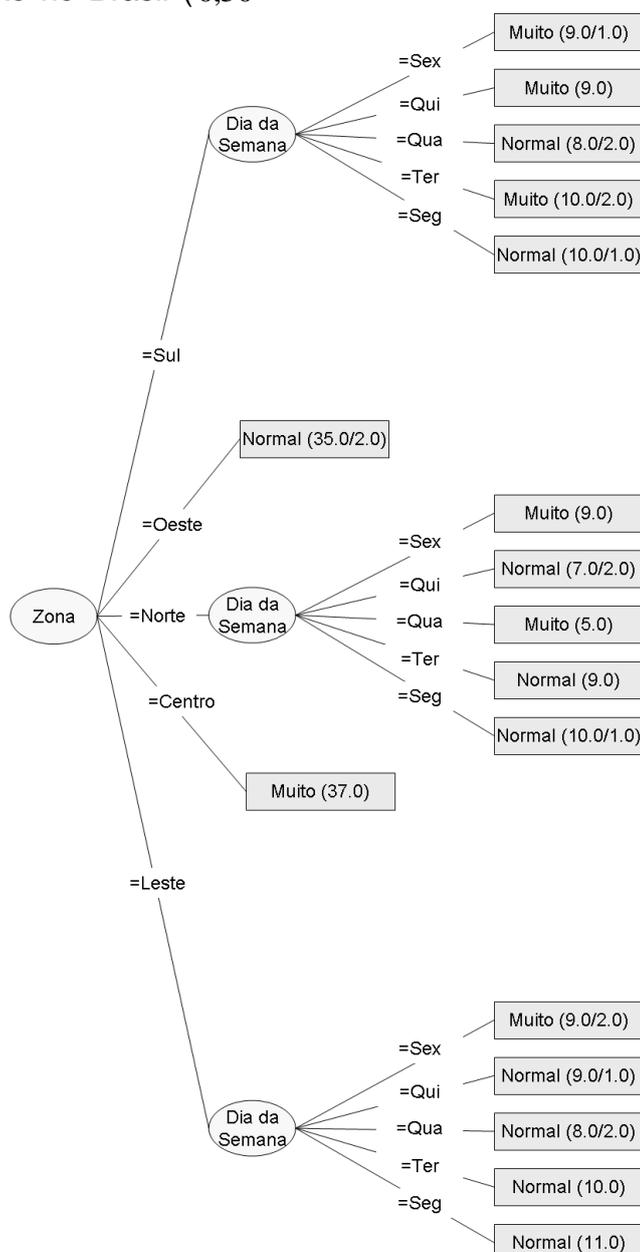


Figura 3. Árvore de classificação da produção de lixo por habitante em função do dia da semana e da zona urbana do município de Tupã-SP.

O modelo de árvore de classificação obtido possui dois níveis e 17 folhas e tem precisão geral de 87,8% na estimativa dos dados. Este modelo estimou corretamente 81,9% dos dados

classificados como Índice Lixo = “Muito” e 92,8% dos dados classificados como Índice Lixo “Normal”. A Tabela 3 mostra a matriz de confusão da árvore de classificação.

Tabela 3. Matriz de confusão do modelo de árvore de classificação obtido.

Muito	Normal	Índice Lixo
77	17	Muito
8	103	Normal

A matriz de confusão mostra a quantidade de registros que o modelo estimou corretamente (diagonal principal) e a quantidade de registros classificados erroneamente em outras classes.

Observa-se na árvore de classificação (Figura 3) que a zona do município possui maior importância na quantidade de lixo produzido. Esse fato permite formular a hipótese de que as populações das diferentes zonas do município de Tupã produzem quantidades de lixo diferentes.

A população do Centro demonstrou uma produção de lixo em quantidade acima da média do município e a Zona Oeste por produzir lixo abaixo dessa média. As demais Zonas possuem dias específicos, e diferentes, em que a

produção de lixo é maior que a média municipal.

Identificação das diferenças entre as Zonas e os Dias da Semana

Aplicou-se um teste de normalidade de Anderson-Darling e verificou-se que o Índice de Lixo não possui distribuição normal. Nesses casos, onde a variável a ser estudada não possui distribuição normal, é necessário aplicar testes não-paramétricos, pois a mediana é a medida de posição que representa melhor a distribuição.

Buscou-se nesta análise identificar diferenças na produção per capita diária de lixo para as diferentes Zonas urbanas e dias da semana. Os resultados são mostrados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Resultado do teste de kruskal-wallis de comparações de mediana para o Índice Lixo em cada Zona do município de Tupã-SP.

Zona urbana	Índice Lixo
Centro	1,17 a
Leste	0,42 b
Norte	0,65 b
Oeste	0,41 b
Sul	0,77 b

Letras iguais nas linhas indicam não haver diferença significativa no teste de kruskal-wallis para nível de significância $\alpha = 5\%$.

Tabela 5. Resultado do teste de kruskal-wallis de comparações de mediana para o Índice Lixo em os dias da semana.

Dias da semana	Índice Lixo
Segunda	0,56 b
Terça	0,52 b
Quarta	0,58 b
Quinta	0,83 ab
Sexta	1,04 a

Letras iguais nas linhas indicam não haver diferença significativa no teste de kruskal-wallis para nível de significância $\alpha = 5\%$.

Não se verificou na análise dos dados diferenças significativas entre as Zonas do município, a exceção do Centro. Nesta zona, há uma atividade intensa de comércio e

supermercados que podem afetar a quantidade de lixo produzido e distorcer o Índice Lixo daquela população.

CONCLUSÕES

A mineração de dados permitiu identificar padrões de geração de lixo diferentes entre as zonas, porém, a análise estatística não identificou diferenças significativas entre as zonas municipais.

Espera-se que uma caracterização do lixo produzido em cada zona do município possa dar indícios de diferenças na geração do lixo de cada população, em função de parâmetros econômicos, conforme descreve a literatura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as pessoas do posto de atendimento do IBGE do município de Tupã-SP, pelos dados populacionais fornecidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos Sólidos - Classificação: NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004.
- BRAGA, M. C. B.; RAMOS, S. I. P. Desenvolvimento de um modelo de banco de dados para sistematização de programas de gerenciamento de resíduos sólidos em serviços de limpeza pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.2, p.162-168. 2006.
- BRASIL. República Federativa. Constituição Federal de 05 de outubro de 1988.
- BROWN, D. T. The legacy of the landfill: perspectives on the solid waste crisis. St. Catharines: Brock University. Institute of Urban and Environmental Studies, 1993. Disponível em <<http://www.brocku.ca/epi/legacy.txt>>. Acesso em: 19 jul. 2009.
- CHAPMAN, P., CLINTON, J., KERBER, R., KHABAZA, T., REINARTZ, T., SHEARER, C., WIRTH, R. CRISP-DM 1.0: **Step-by-step data mining guide. The CRISP-DM consortium.** SPSS. 2000. 78p.
- CUNHA, V.; CAIXETA F. J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por

metas. **Gestão e Produção**, São Carlos, v.9, n.2. p.143-161. 2002.

FONSECA, J. S., MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. Atlas, 6ª Edição, São Paulo, 1996, 320p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 27/06/2009.

OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A.; BARREIRA, L. P.; SALAZAR, V. L. P.; TOLEDO, A. A. G. F.; LEÃO, A. L. Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) do município de Botucatu-SP. Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, v.4, n.3/4, p.113-116. 1999.