

V-001 – GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – ESTUDO DE CASO

Valquiria Melo Souza Correia⁽¹⁾

Administradora de Empresas pela Unice – Superior (UNICE), Assistente Social, Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (UECE) e Tecnóloga em Gestão Ambiental pela Estácio de Sá. Mestre em Logística e Pesquisa Operacional (UFC). Doutora em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Marisete Dantas de Aquino⁽²⁾

Doutora em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela *École des Hautes Études em Sciences Sociales*, Paris, França. Professora Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Marcílio Luís Viana Correia⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Logística e Pesquisa Operacional pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor Assistente I do Departamento Engenharia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Endereço⁽¹⁾: Rua Oito de Setembro, 205 – Bairro Varjota – Fortaleza - CE - CEP: 60.175-210 - Brasil - Tel: (84) 99855-4382 - e-mail: valquiria@ufersa.edu.br

RESUMO

A prestação de serviços públicos de coleta, tratamento e destino final dos resíduos sólidos tem sido um dos maiores desafios para os tomadores de decisão visto que o gerenciamento dos processos e a insatisfação da sociedade, assim como opiniões divergentes no processo de decisão. Diante disso, torna-se necessário desenvolver metodologias que tenham como objetivo melhorias na tomada de decisão dos processos inerentes a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Nesse sentido, o trabalho pretende apontar um modelo de gerenciamento a partir da percepção dos tomadores de decisão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no município do Crato, sendo uma pesquisa de natureza exploratória e descritiva. Através dos resultados obtidos pode-se considerar que modelo proposto foi avaliado utilizando dados de 26 critérios essenciais para a área de RSU. Considerando a sua importância, em cada atributo existente, pode-se concluir que o Modelo Multicritério Macbeth atingiu bons resultados mostrando sua eficiência fazendo a melhor análise de decisão, tendo como input a visão do tomador de decisão local. Assim, se considerou apropriada e eficiente à utilização da ferramenta aqui proposta para auxiliar na tomada de decisão, pelo fato de seus resultados serem precisos e condizentes com a situação analisada no trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento, Tomada de decisão, Resíduos Sólidos Urbanos.

INTRODUÇÃO

A crise ambiental tem representado um dos maiores desafios da humanidade. Com uma realidade cada vez mais acirrada em termos de consumo e sustentabilidade, o destino adequado dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ganha a cada dia maior relevância. Tendo em vista o desenvolvimento econômico, a urbanização e a melhoria dos padrões de vida nas cidades levaram a um aumento da quantidade e complexidade dos resíduos gerados (RATHI, 2006).

Devido a ausência de planejamento, logística, infraestrutura, insuficiência dos recursos financeiros e mesmo técnicos na coleta, no transporte, no tratamento e no descarte dos resíduos sólidos, os problemas tem aumentado. Dentre as principais razões está a disposição dos resíduos de maneira desorganizada e desestruturada que proporcionam consequências muitas vezes irreparáveis no solo, no ar, nas águas superficiais e subterrâneas, assim como um impacto direto na transmissão de doenças.

O gerenciamento inadequado dos resíduos em locais como lixões, sendo utilizados como parâmetro a disposição final, a disponibilidade de áreas, assim como a distância em relação a outros centros urbanos geram grandes preocupações ambientais.

A busca por sistemas de apoio a decisão está cada vez mais frequente. As decisões fazem parte do nosso dia a dia e torna-se importante analisar detalhadamente todos os possíveis critérios existentes para chegar a uma decisão correta. Assim, as ferramentas estratégicas auxiliam no processo de tomada de decisão expondo resultados cada vez mais precisos diante das informações existentes. O tomador de decisão deve apresentar conhecimento, habilidades, atitudes e resultados que venham definir uma solução mais acertada possível, pois sua decisão faz parte de uma rede integrada onde pode afetar vários setores.

O município do Crato/CE não se diferencia da maioria dos municípios de pequeno porte do Brasil, ou seja, o crescimento da população nos últimos anos teve como consequência o aumento da geração de resíduos, assim a preocupação cada vez maior com a preservação do meio ambiente, com a saúde pública e a qualidade de vida da população.

Um gerenciamento mais eficiente com algumas etapas constitui fator essencial para auxiliar na melhoria e estabelecimento da gestão dos RSU. O objetivo da pesquisa é apontar um modelo de gerenciamento a partir da percepção dos tomadores de decisão dos RSU no município do Crato.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo possui uma abordagem qualitativa, de modo que representa aquilo que não pode ser necessariamente mensurado, visto que a realidade e o sujeito estão associados. Assim a interpretação dos critérios e a atribuição do seu significado são razões básicas no processo de pesquisa qualitativa.

Quanto ao objetivo a pesquisa é de natureza exploratória e descritiva buscando construir um modelo a partir da percepção dos tomadores de decisão dos RSU no município do Crato. Dessa maneira a lógica da pesquisa é indutiva, pois está baseada em uma metodologia construtivista (baseada na construção do modelo).

O passo a passo da construção do modelo consiste em informações do sistema de gerenciamento do município para o efetivo monitoramento e avaliação da logística dos RSU, assim como pretende reconhecer os principais fatores e estabelecer critérios que identifiquem e priorizem o processo de tomada de decisão.

A população da pesquisa de campo engloba as partes interessadas no sistema de gerenciamento de RSU do Município do Crato, no Estado do Ceará. Trata-se de uma amostragem não-probabilística, ou seja, com amostras intencionais na qual o julgamento do pesquisador foi utilizado para selecionar os membros da população que são considerados especialistas em gestão de resíduos sólidos (SILVA E MENEZES, 2005).

Para o levantamento de dados e informações utilizou-se fontes primárias e fontes secundárias. Os dados primários foram levantados através de um questionário com contém sete itens chaves e 26 questões que foram convertidos em critérios.

O questionário foi aplicado para sete membros do sistema de especialistas atuantes em RSU no município do Crato. As informações com os especialistas foram coletadas em entrevistas iniciais, individualmente, onde ocorreram em aproximadamente uma hora de duração.

Nessa etapa os especialistas compararam todos os critérios par a par com o apoio do nível de performance do software M-Macbeth. Os entrevistados foram escolhidos através de julgamento subjetivo do pesquisador devido a atuação deste na área de RSU. Na tabulação e análise de dados foi usado computador notebook com o programa Microsoft Excel2018 para dar suporte à organização dos dados e Software M-Macbeth para análise dos dados, criação de tabelas, quadros, gráficos e figuras.

Para a análise dos dados foi necessário ter construído um modelo Macbeth, de modo que os pesos e pontuações definidos nas etapas anteriores são inseridos no software avaliando todas as alternativas de forma global. Desse modo, o resultado final é julgado através da análise de sensibilidade no peso de um critério e também a interatividade de M-Macbeth.

RESULTADOS

Com a ferramenta M-Macbeth estabeleceu-se 26 principais critérios para a decisão de melhor gerenciamento dos RSU para o município do Crato, sendo estes avaliados por sete tomadores de decisão que atuam no município.

A Figura 1 apresenta a árvore Macbeth construída a partir de uma amostra intencional na qual o julgamento do pesquisador foi utilizado para selecionar os membros da população que fazem parte rol de tomadores de decisão referente ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município. A partir do framework construído, foram estabelecidas as propriedades de cada critério da árvore no Macbeth, de modo que foram definidos os níveis qualitativos de performance.

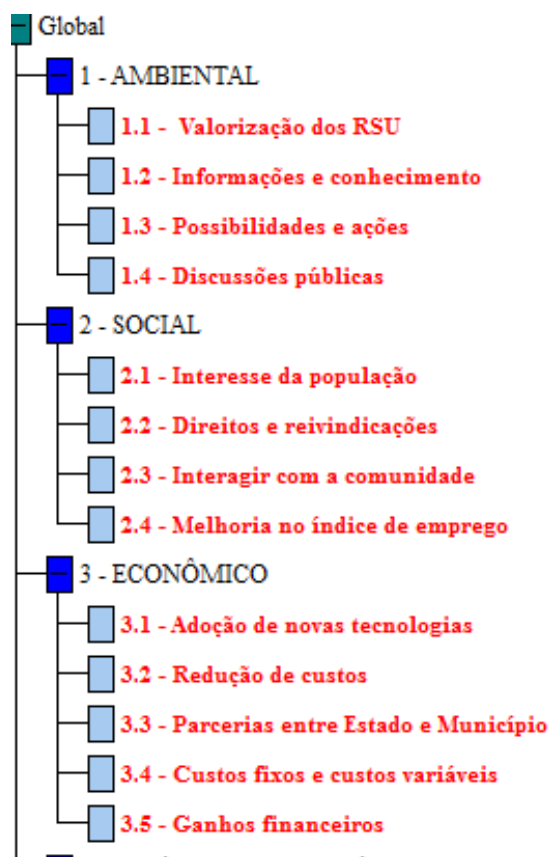


Figura 1: Critérios de Decisão

A Figura 2 mostra a definição dos níveis de performance qualitativo referente ao critério “Valorização dos RSU”: raramente, nunca, frequentemente e sempre. A partir dessas informações construídas para todos os critérios destacados foi definida uma tabela de julgamentos de performances do Macbeth como mostra a Figura 3.

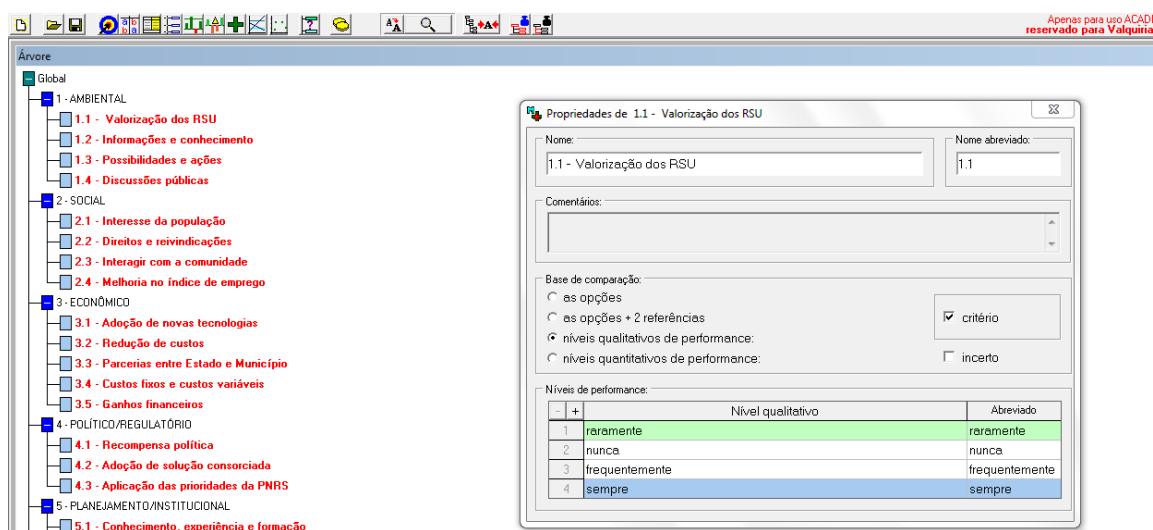


Figura 2: Propriedade do critério “Valorização do RSU”

Assim, após a construção da tabela de julgamentos de performance foram ordenadas os níveis de desempenho dos critérios, de modo que foram realizados o julgamento qualitativo de atratividade para cada critério estabelecido. Logo as diferenças de atratividade foram definidas pelos autores da pesquisa e preenchidas no software M-Macbeth de uso acadêmico versão 2.4.0.

Tabela de performances

Opções	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
espec H	frequentemente	sempre	sempre	sempre	sempre	sempre	frequentemente	frequentemente	frequentemente	sempre	frequentemente	raramente	frequentemente
espec J	nunca	frequentemente	sempre	sempre	sempre	sempre	sempre	frequentemente	sempre	raramente	frequentemente	sempre	raramente
espec L	raramente	raramente	raramente	frequentemente	frequentemente	sempre	frequentemente	raramente	sempre	frequentemente	frequentemente	sempre	sempre
espec M	sempre	sempre	sempre	frequentemente	raramente	sempre	sempre	sempre	sempre	raramente	raramente	nunca	sempre
espec N	raramente	frequentemente	sempre	frequentemente	raramente	frequentemente	frequentemente	frequentemente	frequentemente	raramente	nunca	nunca	sempre
espec S	frequentemente	frequentemente	sempre	frequentemente	raramente	raramente	frequentemente	frequentemente	frequentemente	sempre	raramente	sempre	sempre
espec T	sempre	sempre	frequentemente	frequentemente	sempre	sempre	sempre	sempre	frequentemente	sempre	sempre	sempre	nunca

Figura 3: Tabela de julgamentos de performances

A Figura 5 mostra uma escala de pontuação ancorada com dois níveis de referência previamente definidos nas propriedades do critério e também onde foram atribuídas as pontuações 0 e 100 referências inferior e superior, respectivamente. Quanto as referências de ponderação resultantes de informações processadas pelo Macbeth são identificadas como as mais viáveis para a decisão.

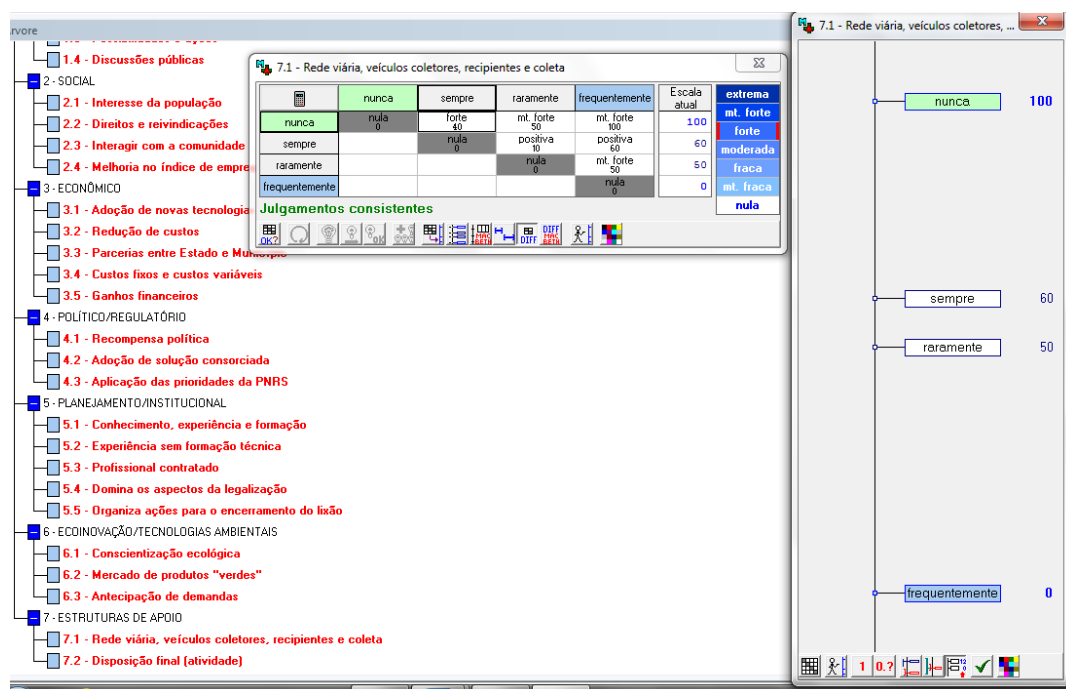


Figura 5: Escala de pontuação ancorada

Todavia, foi realizada, posteriormente, a análise de atratividade para cada opção em relação aos demais critérios abordados. Após a análise e modelagem do estudo, o software proporciona uma tabela de pontuações. esse modo pode-se observar nela qual a melhor decisão a ser tomada referente aos dados abordados pelos decisores, Figura 6.

Opções	Global	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	5.4
espec h	28.52	30.00	0.00	0.00	0.00	70.00	0.00	40.00	26.00	38.33	0.00	36.36	46.67	0.00	0.00	21.43	55.56	0.00	0.00	100.00	0.00
espec J	39.76	70.00	57.14	0.00	0.00	70.00	0.00	0.00	26.00	0.00	85.71	36.36	0.00	44.44	55.56	0.00	55.56	50.00	60.00	100.00	0.00
espec L	42.35	100.00	85.71	85.71	25.00	0.00	0.00	40.00	76.00	0.00	57.14	36.36	0.00	55.56	44.44	21.43	55.56	50.00	100.00	20.00	0.00
espec M	35.11	0.00	0.00	0.00	25.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.71	63.64	100.00	55.56	0.00	100.00	44.44	50.00	100.00	100.00	0.00
espec N	43.68	100.00	57.14	0.00	25.00	50.00	60.00	40.00	26.00	38.33	85.71	100.00	100.00	55.56	44.44	21.43	55.56	37.50	0.00	100.00	20.00
espec S	31.18	30.00	57.14	0.00	25.00	50.00	80.00	40.00	26.00	38.33	0.00	63.64	0.00	55.56	55.56	42.86	0.00	100.00	0.00	46.67	0.00
espec T	28.26	0.00	0.00	57.14	25.00	70.00	0.00	0.00	0.00	38.33	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	42.86	0.00	100.00	60.00	0.00	0.00
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
f. valores de escala		0.0568	0.0532	0.0599	0.0537	0.0501	0.0470	0.0439	0.0408	0.0377	0.0346	0.0315	0.0284	0.0253	0.0222	0.0191	0.0160	0.0129	0.0098	0.0068	0.0037

Tabela 6: Tabela de pontuação referente aos critérios e os pesos envolvidos

De acordo com a análise de pontuações, percebe-se que os tomadores de decisão pesquisados, em uma escala de 0 a 100, possuem abordagem diferente sobre ao aspecto dos RSU, de modo que o especialista N foi o que melhor obteve pontuação. Quanto a decisão que obteve maior relevância para os tomadores de decisão foi o critério da eco-inovação e tecnologias ambientais.

CONCLUSÕES

Assim tomar decisão é uma tarefa delicada, difícil, impactante e que muitas vezes pode levar em consideração condições emocionais e interpessoais do gestor. Neste trabalho foi apresentado o Modelo Multicritério Macbeth como uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisão.

O estudo buscou trabalhar critérios essenciais para a tomada de decisão referente aos RSU no município do Crato, utilizando a metodologia M-Macbeth para avaliar o que tem sido alvo nas decisões.

O software M-MACBETH proporciona uma tomada de decisão mais criteriosa, onde há como opção a simulação de várias possibilidades, facilitando o trabalho dos gestores na tomada de decisão. O Modelo Multicritério Macbeth faz à análise dos atributos inseridos na árvore submetida por quem toma a decisão e

posteriormente calcula os valores dessas variáveis nos atributos, chegando assim a uma classificação final mostrando os resultados obtidos sem o intermédio de qualquer órgão externo.

A abordagem do modelo proposto foi avaliada utilizando dados de 26 critérios essenciais para a área de RSU no município do Crato. Considerando a sua importância, em cada atributo existente, pode-se concluir que o Modelo Multicritério Macbeth atingiu bons resultados mostrando sua eficiência fazendo a melhor análise de decisão. Assim, se considerou apropriada e eficiente a utilização da ferramenta aqui proposta para auxiliar na tomada de decisão, pelo fato de seus resultados serem precisos e condizentes com a situação analisada no trabalho.

De acordo com os resultados obtidos pela análise realizada pelo Macbeth o critério mais relevante foi o que busca a conscientização ecológica e o desenvolvimento sustentável, seguido da abertura de novos mercados por produtos “verdes” práticas sustentáveis e mudanças de comportamentos das pessoas. Dessa maneira, critérios considerados imprescindíveis pela legislação, regulamentos e de infraestrutura foram colocados em segundo plano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2010. Disponível em http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf. Acesso em: 27 abril 2016.
2. BANA C., C.A., DE CORTE, J.M. e VANSNICK, J.C. (2005) On the mathematical foundation of MACBETH. [A. do livro] J. FIGUEIRA, S. GRECO e M. EHROGOTT. Multiple criteria decision analysis. N. York : Springer.
3. BRASIL, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
4. BRASIL, República Federativa do. Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21 Brasileira: Resultado da Consulta Nacional/Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2004.
5. BRASIL, República Federativa do. Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21 Brasileira: Ações Prioritárias/Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2004.
6. BRASIL. (2007) Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 10 mar. 2016.
7. BRASIL. Congresso Nacional. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei 12.305/2010
8. CHANG, N.B.; PIRES, A. Sustainable solid waste management: a systems engineering approach. New Jersey: IEEE Wiley, 2015.
9. DEMAJOROVIC, J. (1996) A evolução dos modelos de gestão dos resíduos sólidos e seus instrumentos. In: Política ambiental e gestão dos recursos naturais. São Paulo: Cadernos Fundap.
10. IBAM Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2004) O cenário dos resíduos sólidos no Brasil, acesso em 1º mar de 2010, disponível em: <www.ibam.org.br/publico/media/Boletim1a.pdf>.
11. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014/ 2016). Acesso em 30 nov. 2016, disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>.
12. JERONIMO, Carlos Enrique De M. ; SANTIAGO Jr, ARISTIDES Felipe. Desafios da administração ambiental publica: estudo de caso do município de Espírito Santo/RN Revista de Administração de Roraima - RARR, 2012, Vol.2(1), pp.136-146
13. RATHI S. (2006) Alternative approaches for better municipal solid waste management in Mumbai, India. Waste Manage 26:1192–1200
14. SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4.ed. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2015.
15. United States Environmental Protection Agency – US EPA. (2002). Solid waste management: a local challenge with global impacts (p. 1-22). Washington.