

AVALIAÇÃO DE COMPOSTAGEM COMERCIAL COMO ALTERNATIVA A SUSTENTABILIDADE, CICLO ORGÂNICO, DUQUE DE CAXIAS, RJ

Roger Ribeiro da Silva ¹; Paula Fernanda Chaves Soares ²; Michel Santos da Silva ²

¹ Graduando Engenharia Civil do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-

580, Nova Iguaçu – RJ

² Docentes Engenharia Civil do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

rogersilva325@gmail.com , pfernanda07@gmail.com, michelbiodss@yahoo.com.br

Resumo - Junto como o crescimento econômico, desenvolvimento e o progresso o homem presenciou um salto na qualidade de vida da espécie, gerando bem-estar e conforto. No entanto, ao mesmo tempo, vivencia a maior crise ambiental de sua história, com mudanças climáticas em curso alavancada por uma utilização massiva de recursos, como uma obsolescência programada absurda, gerando cada vez mais resíduos. Nesse contexto, grande parte dos resíduos podem ser reciclados, principalmente resíduos que apresentam valor agregado (tais como: vidro, alumínio, cobre, entre outros), diferentemente dos resíduos sólidos orgânicos. Para esse tipo de resíduos, algumas empresas estão investindo em compostagem, que é um processo biológico em que microrganismos transformam matéria orgânica (estrume, folhas, papel e restos de comida) em um material semelhante ao solo a que se chama composto e que pode ser utilizado como adubo. Este trabalho teve como objetivo avaliar os teores de nutrientes de um lote de composto orgânico confeccionado como resíduos domésticos (restos de comida) e recomendar sua utilização final.

(Palavras-chave: *Composto Orgânico, Matéria Orgânica, Desenvolvimento Sustentável.*)

Abstract - Along with economic growth, development, and progress, human beings witnessed a leap in the species' quality of life, generating well-being and comfort. However, at the same time, it is experiencing the most significant environmental crisis in its history, with ongoing climate change driven by the massive use of resources, such as absurd programmed obsolescence, generating more and more waste. In this context, a large part of waste can be recycled, especially waste that has benefits (like glass, aluminum, copper, among others), unlike solid waste. For this type of waste, some companies invest in composting, a biological process in which microorganisms transform organic matter (manure, leaves, paper, and food waste) into a soil-like material called compost, which can be used as fertilizer. This work aimed to evaluate the nutrient contents of an organic lot made as household waste (food leftovers) and recommend its final use.

(Keywords: *Organic Compost, Organic Matter, Sustainable Development.*)

1. Introdução

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) entrou em vigor em 02 de agosto de 2010, mediante a promulgação da Lei 12.305. Este novo marco regulatório tramitou por muitos anos no

Congresso Nacional e representa um grande avanço na área de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Apresenta uma visão moderna sobre um dos maiores problemas do planeta, o crescente acúmulo de resíduos (IBGE, 2010), e aborda a problemática de forma macro (MILLER et al., 2009), onde a responsabilidade é compartilhada desde a produção (toda cadeia produtiva) (GALEFFI, 2014), coleta, destino final e inclusão social dos catadores e enfatiza conceitos como "logística reversa" e a prática dos 5 "Rs" Repensar, Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Recusar (BRASIL, 2010).

A PNRS demanda ações práticas do poder público de todas as esferas para planejar o gerenciamento dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), o Ministério do Meio Ambiente - MMA, publicou em 2010 o manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos. A compostagem de resíduos sólidos orgânicos (RSO) é uma alternativa vantajosa com relação aos aterros por conta de sua característica aeróbia, minimizando emissões e lixiviados (PIRES et al., 2011). A compostagem é um processo biológico em que microrganismos transformam matéria orgânica, como estrume, folhas, papel e restos de comida em um material semelhante ao solo a que se chama "*composto*" e que pode ser utilizado como adubo, agrega valor ao processo e atua como condicionador de solo (KIEHL, 1998). O composto orgânico gerado através da compostagem apresenta vantagens ecológicas quanto aos fertilizantes químicos tradicionais (ANDERSEN et al., 2012), agrega valor ao processo e atua como condicionador de solo (KIEHL, 1998). A Matéria Orgânica presente no solo possui em si uma gama de diferentes elementos que foram degradados por micro-organismo tornando-se húmus, ali contendo carbono orgânico, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Manganês, entre outros (PEREIRA NETO, 1996).

A utilização da compostagem proporciona um fim adequado para mais de 50% do lixo orgânico, ela propicia a ciclagem de nutrientes do material orgânico, sendo uma etapa do ciclo natural, enriquecendo o solo para agricultura ou jardinagem, por exemplo, dando um destino adequado ao resíduo orgânico que se acumularia nos lixões (CHIABI, 2017).

No manual do Ministério do Meio Ambiente – MMA, são apontados três tipos básicos de compostagem: compostagem por aeração natural, a de aeração forçada e, por fim, a obtida por meio de reator biológico, onde tem-se:

- **Compostagem via aeração natural** - os resíduos são dispostos em leiras, com reviras periódicas para que haja a convecção do ar na massa do composto, acrescida de umidificação até o término do processo. Este método também é conhecido como método das leiras revolvidas (Windrow).
- **Compostagem via aeração forçada** - o material orgânico é disposto sob tubos perfurados por onde circula ar forçadamente, através de bombeamento mecânico. Neste método não há revira. Outra denominação para este método é leiras estáticas aeradas (Static pile). Os aceleradores melhoram significativamente a condição da fermentação, mas trazem uma desvantagem no aumento do custo com turbinas, tubos, grades inerentes ao processo de aeração forçada.
- **Compostagem via reator biológico** - também conhecido como sistemas fechados ou reatores biológicos (In-vessel), onde os parâmetros de oxigenação são aplicados sem interferência externa.

Kiehl (1985) classificou os sistemas de compostagem também quanto ao tempo: processos lentos ou acelerados. E enfatizou que a escolha do método se dá basicamente por duas razões, a quantidade a ser compostada e a disponibilidade financeira. Considerando as dificuldades econômicas e a fragilidade das políticas públicas de gestão de resíduos no Brasil, em que 70% dos municípios ainda dispõem seus resíduos em lixões (BRASIL, 2010) a utilização da compostagem via aeração natural surge como alternativa sustentável viável para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos (GASPAR, et al., 2020).

Neste contexto o projeto de pesquisa avaliou o processo de compostagem de resíduos sólidos orgânicos via aeração natural durante seu ciclo e realizou análise do teor de nutrientes do composto orgânico gerado ao final do processo.

2. Material e Métodos

O estudo foi realizado na empresa Ciclo Orgânico, localizada em Capivari, 4º Distrito do Município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro, situada nas proximidades do Arco Metropolitano, (Figura 1). O discente está atuando em conjunto com a empresa frente a adequação ambiental a legislação vigente. O proprietário acolheu a ideia da realização do projeto de pesquisa, permitindo acesso a empresa fornecendo informações sobre o processo de compostagem e permitindo o monitoramento dos resíduos sólidos orgânicos durante todo o tempo de permanência do material (entrada dos RSO, montagem da pilha e revolvimento, transformação, até o produto final).

FIGURA 1. Indicação da localização da Empresa de compostagem, local onde foram realizadas as coletas



(Fonte GoogleEart, 2020).

Foi realizado o levantamento dos dados climáticos mediante séries históricas locais (INMET, 2020). Os dados climáticos possuem grande importância durante todo o processo de compostagem, pois influenciam diretamente na decomposição/transformação da matéria orgânica (KIEHL, 1998). De acordo como a variação de temperatura e umidade os organismos decompositores processam maior quantidade de material orgânico (quente e úmido) ou caso contrário, diminuem seu metabolismo processando menor quantidade de material orgânico (frio e seco). Mediante o ótimo de processamento dos microrganismos conhecer as normais climatológicas é de fundamental importância para o bom funcionamento do processo de compostagem.

A Cidade de Duque de Caxias integra a macrorregião Baixada Fluminense estando localizada a 11m acima do nível do mar. Possui clima tropical, Am, de acordo com a classificação de Köppen, 1931 com inverso seco e verão chuvoso. Na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa (verão) e uma curta época seca (inverno). Apresenta temperatura média de 23.4 °C, com precipitação média anual de 1704 mm (mês de maior precipitação é Janeiro como média de 263 mm e o mês de Agosto é o mês mais seco média 47 mm), Tabela 1. Quanto a temperatura, o mês mais quente do ano é Fevereiro com média de 26.8 °C e a temperatura média mais baixa refere-se a Julho, média em torno de 20.0 °C, (Climateorg, 2020).

Tabela 1. Série histórica de temperatura com indicação de máxima e mínima referente ao Município de Duque de Caxias, RJ.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média (°C)	26.5	26.8	25.7	24.1	21.5	20.6	20	20.8	22	23.4	23.9	25.5
Temperatura mínima (°C)	23.2	23.2	22.6	21	18.2	16.9	16.1	16.6	18.1	19.9	20.8	22.3
Temperatura máxima (°C)	30.9	31.4	29.8	28.1	25.7	25.3	25	26.2	27.2	28.3	28.1	29.7
Chuva (mm)	263	197	222	119	79	51	51	47	92	127	216	240
Umidade(%)	77%	76%	79%	80%	79%	79%	77%	74%	73%	75%	79%	79%
Dias chuvosos (d)	15	13	15	10	9	5	5	6	9	11	14	15

Fonte: (Climatedata.org, 2020)

A identificação dos resíduos orgânicos é realizada durante a entrada de material do pátio de compostagem. Os resíduos chegam em caminhões de coleta e ocorre um triagem inicial sobre o RSO possível de identificação. O acompanhamento do processo iniciou com a separação dos resíduos e montagem da pilha e posteriormente ações de revolvimento, monitoramento de temperatura e umidade em função do tempo de decomposição dos RSO, Figura 3. Finalizando com a coleta e avaliação dos teores de nutrientes do composto.

O monitoramento ocorreu no pátio da empresa, foi realizado em quatro estágios de decomposição diferentes e para análise foram utilizadas três repetições, do composto pronto. A metodologia utilizada para o processo de compostagem via aeração natural (método das leiras revolvidas).

O processamento da amostra, acondicionamento e parte das análises dos teores de nutrientes foi realizada no Laboratório de Solos do Curso de Engenharia Civil, da Universidade Iguaçu (FACET, Bloco M) de acordo com a metodologia de análise descrita no Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto (KIEHL, 1985), preconizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017). Em função da pandemia, algumas análises foram realizadas em Laboratório terceirizado.

3. Resultados

Os resíduos orgânicos chegam de caminhão ao centro de tratamento através de coletas regulares. O material recém-chegado é despejado em uma área cimentada para formação da pilha, todo o material é mantido sem cobertura, estando exposto a sol e chuva. A área cimentada onde as pilhas são dispostas possui um sistema de coleta de líquidos, caso ocorra chuvas mais intensas Figura 2. Na maioria dos casos a pilha absorve a precipitação (pilhas finalizadas são cobertas). Esse procedimento está de acordo com PEREIRA NETO (1996) e AQUINO, (2005).

FIGURA 2: Etapas do processo de compostagem: a. chegada de material; b. pilha recém-formada; c. aferição de temperatura; d. sequência de pilhas; e. sistema de drenagem e f. avaliação durante o processo de compostagem.



Foram identificados resíduos de legumes, frutas e verduras, em sua grande maioria. A esses são adicionados estrume bovino (fontes de nitrogênio), pó de serra, bagaço de cana picotado, ou restos de cortes de capins (fontes de carbono). Esse complemento pode variar de acordo com os descartes realizados por algumas instituições e/ou população, eles integram a confecção da leira. A leira que foi acompanhada como experimento teve como base resíduos de folhas secas e picotes de papel (material com alta relação C:N – para aumentar C), que formaram a camada inicial, onde o material trazido pelo caminhão foi disposto. O material trazido pelo caminhão por sua vez, possui baixa relação C:N por ser em grande parte legumes, verduras e frutas, Figura 2, a dessa forma a relação C:N é balanceada com a finalidade de facilitar a decomposição do composto.

Cabe ressaltar que, mediante triagem inicial, alguns materiais são retirados do montante de resíduos, e foram alocados em uma outra pilha, menor e com processo de decomposição muito mais lento devido ao tamanho maior das partículas, como sementes grandes, exemplo pêssago e abacate, coco inteiro e pedaços de galhos. Na sequência, foram intercaladas camadas de estrume e em seguida uma mistura de palhas de café, pó de serra e folhas secas, depois novamente a camada com frutas, verduras e legumes, por fim foram colocadas novamente fontes de carbono, a leira é montada em formato piramidal e finalizada com camada de relação C:N alta, Figura 2, a.

As leras possuem em média de 3-4m de base e 1,5-2,0m de altura, sendo revidadas por pá carregadeira e acompanhadas diariamente quanto a temperatura e umidade internas, Figura 2, b. A avaliação do processo de compostagem considera os parâmetros físicos como pH e temperatura (em °C), que são medidos no interior da leira durante todo o processo, inicialmente três vezes na semana e durante a fase de maturação que são dois dias na semana, Figura 2, c. Regularmente, após medir a temperatura da leira, o revolvimento é feito, para oxigenar e em seguida é recolhida a amostra para o PH. A avaliação de umidade da leira, é feito o teste do bolo, onde uma amostra é colocada na palma da mão e apertada fechando os dedos, expressa se a leira precisa ser umedecida (não há

aparecimento de gotículas entre os dedos) ou se está encharcada (ocorre aparecimento de lamina d'água entre os dedos).

O maior índice na temperatura é 60°C, onde a fase de fitotoxidade inicia (primeira semana) e não havia odor que indicasse putrefação. O pH, inicialmente é relativamente ácido, devido a presença de materiais orgânicos (frutas como o tomate e laranjas) em áreas de anaerobiose que favoreceram a formação de ácidos orgânicos. No mais, as leitas permanecem no pátio durante todo o processo, Figura 2, d e e, cerca de 160 - 180 dias, sendo monitorada constantemente, Figura 2, f.

Após finalizado o processo de compostagem, o material passa por peneiramento de homogeneização, Figura 3, a. Os materiais que por ventura não tenham sido decompostos, com granulometria maior de aproximadamente 2x2 cm ficam retidos na malha, não sendo levado para a etapa final. A figura 3, b apresenta o composto finalizado, pode ser visto que o mesmo recebe tratamento diferente, sendo coberto por lona para diminuir umidade, neta fase o composto não fica exposto a chuva.

FIGURA 3. Finalização do processo de compostagem, pilha de composto e composto utilizado em horta.



Na sequência, o composto pronto está apto a ser utilizado. A figura 3.c, mostra a horta existente na parte de traz do pátio de compostagem e como as plantas estão se desenvolvendo bem. Cabe ressaltar que a horta em questão recebe compostos de lotes diversos, não sendo possível relacionar a um específico. No entanto, o composto pode ser aplicado em demais espécies, tais como: flores, fruteiras, gramados, mediante observação da exigência nutricional, um vez que a fertilidade do substrato interfere nos parâmetros de desenvolvimento das plantas (Lima et al., 2017)

O resultado da análise do composto permite avaliar se os parâmetros estão dentro dos limites indicados pela Legislação e não ultrapassam as tolerâncias, conforme indicado na tabela 2. Além disso, permite que seja realizada a comparação das garantias entre diferentes fontes de fertilizantes orgânicos.

Dentre os parâmetros, o índice pH e a relação C/N dão informações sobre o estado de decomposição da matéria orgânica do fertilizante. Para efeito prático, no processo de compostagem, considera-se que a matéria-prima crua tem reação ácida. Quando o pH está neutro ou próximo da neutralidade indica que o composto está bioestabilizado, o composto apresentou pH de 7,86, sendo classificado como ótimo. O composto humificado, ou seja, decomposto, apresenta-se obrigatoriamente alcalino.

TABELA 2: Análise dos teores de nutrientes do composto orgânico e classificação quanto a Portaria 402 – MAPA, 2010.

Parâmetros	Unidade	Composto	Classificação
Umidade a 60-65 °C	%	42,35	bom
pH em CaCl ²	-	7,86	ótimo
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	mmol/kg	610	-
Matéria Orgânica Total	%	45,85	bom
Matéria Orgânica Compostável	%	40,5	-
Carbono Orgânico ^{1/}	%	22,5	-
Relação C/N	-	13/1	bom
Relação CTC/C	-	27/1	-
Nitrogênio (N) ^{2/}	%	1,8	médio
Fósforo (P ₂ O ₅) ^{3/}	%	0,73	médio
Potássio (K ₂ O) ^{3/}	%	1,51	alto
Cálcio (Ca) ^{3/}	%	4,16	alto
Magnésio (Mg) ^{3/}	%	0,43	baixo
Enxofre (S) ^{3/}	%	0,34	médio
Ferro (Fe) ^{3/}	%	1,1	médio
Zinco (Zn) ^{3/}	ppm	193,7	baixo
Cobre (Cu) ^{3/}	ppm	47,5	baixo
Manganês (Mn) ^{3/}	ppm	240,8	baixo
Boro (B) ^{4/}	ppm	14,7	baixo
Sódio (Na) ^{3/}	%	0,14	-
Cádmio (Cd) ^{3/}	ppm	6,5	alto*
Chumbo (Pb) ^{3/}	ppm	146	admitido*
Cromo total (Cr) ^{3/}	ppm	42	admitido*
Níquel (Ni) ^{3/}	ppm	43,5	admitido*

Metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017).

1/ oxidação com bicromato de potássio; 2/ digestão sulfúrica; 3/ digestão nito-perclórica; 4/ digestão seca

*limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos. MAPA – Portaria número 402, de 22 de julho de 2010.

Estas informações devem ser sempre associadas com outras, como por exemplo, a relação C/N. A relação C/N fornece informação sobre o tempo de compostagem. Para material a ser decomposto, a relação C/N alta (acima de 30/1) indica necessidade de maior prazo de decomposição. Relação C/N entre 25/1 e 35/1 será mais favorável para uma rápida decomposição. Relação C/N baixa (entre 6/1 e 12/1, por exemplo) poderá provocar perda de nitrogênio amoniacal. No material curado ou semicurado, a relação C/N indica o grau de decomposição, ou seja, próximo a 18/1 o fertilizante está semicurado e de 18/1 a 10/1 o fertilizante está curado. O composto apresentou C/N de 13/1 sendo classificado como bom.

A comparação entre diferentes fontes de fertilizantes orgânicos pode ser feita em função da concentração de nutrientes, em especial NPK e o preço de mercado dos fertilizantes envolvidos. Para a comparação, deve-se levar em conta também a umidade de cada material, que ficou em 42,35%, sendo classificado como bom. Os valores de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos estão abaixo do limite máximo permitido para os elementos chumbo, cromo total e mercúrio, sendo

classificado como admitido. Já cádmio apresentou valores pouco acima do limite, sendo classificado como alto.

4. Conclusão

A compostagem se mostra viável e de simples execução, podendo ser feita pela população como meio de mitigar a disposição de resíduos em aterros sanitários, atendendo a PNSR.

O método de compostagem por aeração natural se mostrou eficaz nos tratamentos de resíduos sólidos, finalizando o processo em torno de 160 dias, proporcionando aplicabilidades diversas de seu produto final,

Em função dos teores de nutrientes indica-se a utilização do composto para horta, flores, fruteiras, gramados, mediante observação da exigência nutricional de cada espécie.

O composto atende os padrões preconizados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – Portaria número 402, de 22 de julho de 2010.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado através da concessão de bolsa de iniciação científica pela Universidade Iguaçu mediante Edital 2020-2021 do Programa de Iniciação Científica. E, com o apoio da Coordenação do Curso de Engenharia Civil que cedeu o Laboratório de Solos para preparação e processamento das análises. Em especial a Empresa Ciclo Orgânico que nos recebeu de forma calorosa e proporcionou todo o estudo, disponibilizando as dependências e fornecendo material de pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

Andersen, J.K.; Boldrin, A.; Christensen, T.H.; Scheutz, C. (2012) Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: an environmental assessment using life cycle assessment modelling. Waste Management, v. 32, n. 1, p. 31-40. DOI: 10.1016/j.wasman.2011.09.014.

Aquino, A. M. (2005) Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos. EMBRAPA. Circular Técnica. n. 12.

Brasil, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) Censo 2010. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: . Acesso em: 10 abr. 2013.

Chiabi, L. (2017) Ciclo Orgânico: Um Empreendimento Social, de Compostagem e Gestão de Resíduos. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica

Climateorg, (2021) Dados climáticos para cidades mundiais, Brasil, Rio de Janeiro, Duque de Caixias. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/duque-de-caxias-4040> Acessado em 08/09/2021,

Galeffi, C. (2013) Quem produz mais lixo no mundo. Portal resíduos sólidos. 2013. Disponível em: <http://portalresiduossolidos.com/quem-produz-mais-lixo-no-mundo/> acesso em 30.01.2021

Gaspar, LMR; Inácio, C de T; Quintaes, BR; Carvalho, Lucinere de RQ; Peres, AAde Carvalho Análise econômico-financeira do gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos em uma agroindústria de processamento mínimo de hortaliças. Engenharia Sanitaria e ambiental Jun 2020, Volume 25 Nº 3 Páginas 477 – 488

Gouveia, N. (2012). Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência e Saúde Coletiva. Universidade de São Paulo. p. 1503-1510.

Kiehl, E. (1998) Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba. 171 p.

_____. (1985) Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 492p.

Köppen, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: outline of climate science (p. 388). Berlin: Walter de Gruyter.

Lima, T.J.L.; Ceccherini, G.J.; Sala, F.C.; Peixoto, C. (2017). Mudanças de *Lactuca sativa* L. produzidas em diferentes formatos e volumes de bandejas. Revista Científica UNAR, Araras, v. 15, n. 2, p. 117-125

Miller, PRM; Inácio, C de T. (2009) Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. 1.ed. Rio de Janeiro. 156p

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PESCA E ABASTECIMENTO – MAPA. Definições e Normas dos Fertilizantes orgânicos podem ser obtidas na Instrução Normativa 23 de 31/08/2005

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos. 2013. Disponível em: acesso em 30.01.2014

Pereira Neto, J. T., (1996) Manual de Compostagem. Belo Horizonte – UNICEF – 56p.

Pires, A.; Martinho, G.; Ni-bin, C. (2011) Solid state management in European countries. A review of systems analysis techniques. Journal of Environmental Management, v. 92, n. 4, p. 1033-1050. DOI: 10.1016/j.jenvman.2010.11.024.