

Gestão de resíduos sólidos orgânicos para geração de adubo a partir do desenvolvimento de um centro de compostagem

Management of organic solid waste for fertilizer generation from the development of a composting center

Igor Cavalcanti da Silveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pernambuco, *Campus* Caruaru (IFPE)

Docente do IFPE, *Campus* Caruaru (IFPE)

igor.silveira@caruaru.ifpe.edu.br

 <https://orcid.org/0009-0000-6624-6933>

Michael Antão dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Pernambuco, *Campus* Caruaru (IFPE)

Docente do IFPE, *Campus* Caruaru (IFPE)

michael.santos@caruaru.ifpe.edu.br

 <https://orcid.org/0009-0005-8783-0967>

Lucas Mateus Santos da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Pernambuco, *Campus* Caruaru (IFPE)

Discente do Curso de Engenharia Mecânica do IFPE, *Campus* Caruaru (IFPE)

lucas.mateus.ss@outlook.com

 <https://orcid.org/0009-0000-9203-2613>

Resumo

A utilização de sobras de alimentos de origem vegetal na produção de adubos orgânicos é uma alternativa para a destinação ambientalmente adequada desse tipo de resíduos produzidos no IFPE/Caruaru e em outros lugares. Este estudo relata a criação de uma composteira, objetivando a conscientização ambiental in loco e externo ao campus, especificamente na comunidade vizinha à instituição, Alto do Moura. Para o desenvolvimento e evolução do projeto, foram realizadas coletas periódicas em uma rua piloto localizada no Alto do Moura, na qual os moradores foram estimulados a se tornarem colaboradores do projeto e orientados sobre as maneiras corretas de descarte dos resíduos orgânicos gerados em suas residências. A partir disso, foi montado um centro de compostagem no campus para que todo o lixo coletado fosse destinado corretamente, incentivando a ideia de sustentabilidade e consciência ambiental através do processo de compostagem, que gerou resultados significativos, transformando quase 150 kg de resíduos orgânicos em mais de 80 kg de composto com poder fertilizante.

Palavras-chave: Compostagem. Resíduo orgânico. Reciclagem. Fertilização

Abstract

The use of leftover food of plant origin in the production of organic fertilizer is an alternative for the environmentally appropriate disposal of this type of waste produced at IFPE/Caruaru and elsewhere. This study reports on the creation of a compost bin, with the aim of raising

environmental awareness on site and outside the campus, specifically in the community next to the institution, Alto do Moura. For the development and evolution of the project, periodic collections were carried out in a pilot street located in Alto do Moura, in which residents were encouraged to become collaborators in the project and advised on the correct ways to dispose of the organic waste generated in their homes. As a result, a composting center was set up on campus so that all the waste collected was disposed of correctly, encouraging the idea of sustainability and environmental awareness through the composting process, which generated significant results, transforming almost 150 kg of organic waste into more than 80 kg of compost with fertilizing power.

Keywords: Composting. Organic waste. Recycling. Fertilization

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de lixo do mundo, gerando cerca de 80 milhões de toneladas por ano de resíduos sólidos urbanos, dos quais mais de 50% são de origem orgânica (ECYCLE, 2023). Esses resíduos, se não forem tratados adequadamente, podem causar diversos problemas ambientais e sociais, como poluição do solo, da água e do ar, proliferação de vetores de doenças, aumento das emissões de gases de efeito estufa e desperdício de recursos naturais. Por isso, é fundamental buscar alternativas sustentáveis para a gestão dos resíduos orgânicos, que valorizem o seu potencial como fonte de matéria-prima e energia.

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2021, o país sofreu influência direta da pandemia da COVID-19 durante o ano de 2020, tendo alcançado um total de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas geradas, ou 225.965 toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro gerou, em média, 1,07 kg de resíduo por dia (Figura 1).

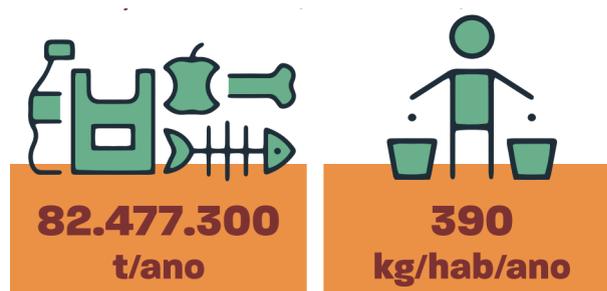


Figura 1 - Geração de RSU no Brasil. ABRELPE, 2021.
Fonte: ABRELPE (2021).

Além disso, de acordo com o jornal Correio Brasiliense, 2020, cerca de 60% das cidades brasileiras ainda realizam o descarte de resíduos em lixões, que não possuem as condições adequadas para evitar os impactos negativos no meio ambiente e na saúde pública, não cumprindo

as metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que previa o fim dos lixões até 2014 e a implantação da coleta seletiva em todos os municípios até 2020 (Figura 2).

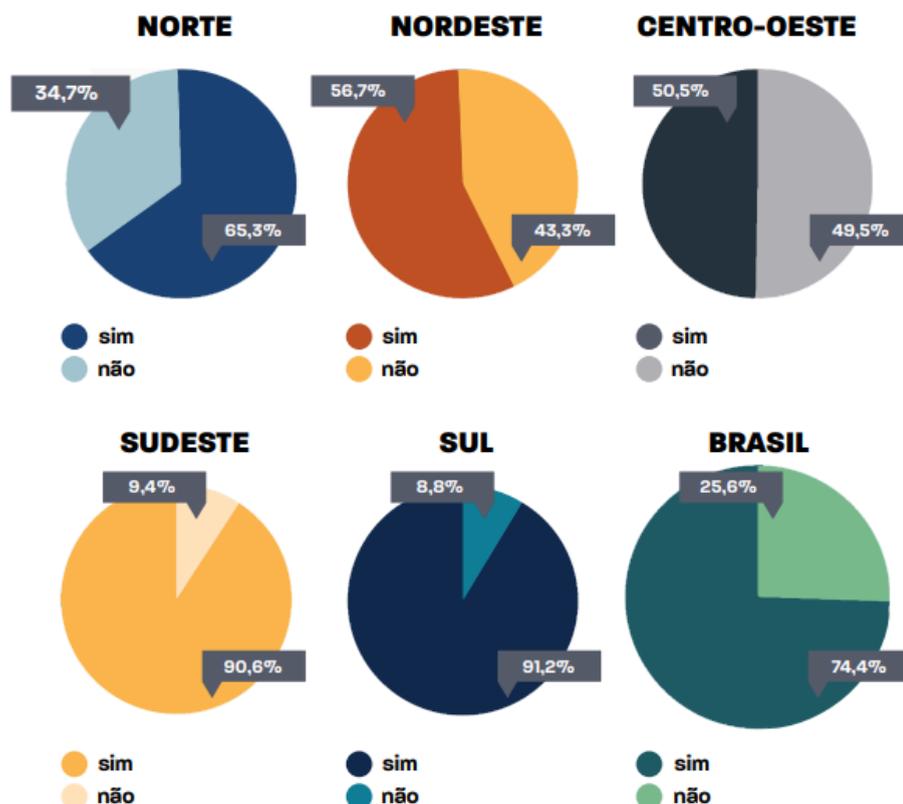


Figura 2 – Percentual de distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil e regiões. ABRELPE, 2021.
Fonte: ABRELPE (2021).

Os resíduos sólidos urbanos no Brasil têm uma composição muito variada, e os materiais orgânicos (como restos de comida, folhas e outros que se decompõem mais rapidamente) representam uma parte significativa, chegando a mais da metade do total coletado (IBGE, 2010). Essa proporção cresce nas cidades mais industrializadas, como São Paulo, onde os resíduos orgânicos representam 57,5% do total de resíduos contabilizados (AGOSTINHO et al., 2013). No entanto, há poucos dados sobre a quantidade e o destino da fração orgânica no país, pois os estudos que analisam a composição dos resíduos não são frequentes nem padronizados (ZAGO, 2019).

Segundo o levantamento feito pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades em 2015, das quase 78 milhões de toneladas de resíduos que foram enviadas para algum tipo de tratamento (como aterros sanitários, aterros controlados, lixões, unidades de triagem, etc), somente 0,3% foi destinado às unidades de compostagem existentes no país (BRASIL, 2015).

A compostagem orgânica, que consiste na transformação biológica dos resíduos orgânicos em adubo natural, por meio da ação de micro-organismos que aceleram a decomposição do material descartado, pode ser realizada em diferentes escalas, desde a doméstica até a industrial, e traz diversos benefícios ambientais e econômicos, como a redução do volume e do peso dos resíduos, a recuperação da fertilidade do solo, a economia de água e de fertilizantes químicos, a geração de renda e a educação ambiental (EMBRAPA, 2021). Além disso, o processo de compostagem se torna uma forma mais acessível e menos agressiva do que os aterros sanitários como destino final dos resíduos sólidos orgânicos.

Tendo tais fatores em vista, foi idealizado um projeto de extensão promovido no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia (IFPE) campus Caruaru, com o intuito de aplicar os conhecimentos sobre a compostagem, caracterizada por um conjunto de processos bioquímicos capazes de transformar os resíduos sólidos orgânicos, através da decomposição, em um material estável; o húmus. Este produto final é aplicado ao solo para melhorar suas propriedades e substituir o uso de produtos químicos na agricultura, seja ela de pequena ou grande escala.

Através da coleta dos resíduos orgânicos provenientes das frutas fornecidas aos alunos pelo IFPE Campus Caruaru, bem como os diversos tipos de material orgânico de origem vegetal descartado pelos moradores do Alto do Moura, é possível que se faça uma leira a qual deve ser alimentada de resíduos secos (folhas, capins, cascas de árvore, serragem) e molhados (resíduos orgânicos coletados), dando estabilidade a uma umidade razoável da leira.

O projeto desenvolvido também possui cunho social e educativo, pois visa desenvolver ações de conscientização ambiental (Palestrando em escolas municipais do Alto do Moura) e tende a influenciar o público alvo a mitigar, desde a base, o consumo excessivo e o descarte errôneo com aulas lúdicas e atividades práticas que possam instigar a reverem os seus atos para com o meio ambiente.

Portanto, com essas ações busca-se um viés de reaproveitamento no que diz respeito a reciclagem de resíduos orgânicos, pois tal ato traz uma série de vantagens como: minimização de resíduos para deposição final; aumento da flexibilidade dos aterros sanitários; melhoramento das condições de saúde; redução dos impactos ambientais; economia de energia e de recursos naturais; (RUSSO, 2003, p. 11) além de oferecer um composto de qualidade aos pequenos produtores rurais, que se encontram no entorno da comunidade do Alto do Moura, sem agrotóxicos e educar ambientalmente pequenos estudantes da comunidade, evidenciando a necessidade de ações sociais que mudem esse cenário, a partir de pequenos atos que, aos poucos, possam atingir as pessoas, influenciando-as a pensar diferente e ver que com a manipulação correta, os resíduos também podem gerar benefícios pessoais, sendo a compostagem um exemplo dessa manipulação.

Fundamentação Teórica

Em relação aos resíduos orgânicos para formar a composteira, estes, devem apresentar uma relação entre dois nutrientes principais para que haja a ação dos microrganismos e estes são o carbono, que é fonte de energia para atividade dos agentes microbiológicos responsáveis pela decomposição, e o nitrogênio, que é importante para formação de proteínas (SHARMA et al., 1997 apud DAL BOSCO, 2017). Os microrganismos consomem de 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio e, assim, a relação carbono/nitrogênio (C/N) preferível é entre 25:1 - 30:1 e considerada adequada entre 20:1 - 40:1 (INÁCIO e MILLER, 2009). Os resíduos orgânicos que possuem uma razão acima dessa faixa supracitada, a decomposição ocorre de forma muito lenta, já para valores abaixo, o processo se torna rápido, porém, gera mau cheiro atraindo moscas (INÁCIO e MILLER, 2009).

Os materiais lenhosos apresentam uma alta relação C/N e, no geral, os restos alimentares baixa (PASCHOAL, 1994 apud DAL BOSCO, 2017) e estes são os tipos de resíduos orgânicos gerados no instituto e os quais são coletados na comunidade do Alto do Moura e para adequar a relação C/N dentro das leiras será aplicada uma metodologia que é prática comum na compostagem, adicionar uma quantidade maior de materiais lenhosos ou ricos em carbono do que de materiais ricos em nitrogênio, numa relação que: para cada duas camadas de resíduos ricos em carbono será inserida uma cada camada rica em nitrogênio.

Ademais, segundo Kiehl (1985 apud Dal Bosco, 2017) é recomendado manter a mistura do composto num pH médio entre 5,5 - 8,0, pois essa faixa é plenamente satisfatória para a atividade microbiana, abaixo de 4,5 a atividade microbiana pode ser diminuída inibindo o aparecimento de bactérias essenciais para intensificação da decomposição (ANDREOLI et al. apud DAL BOSCO, 2017) e acima de 9,0 há deficiência de micronutrientes como o fósforo e perda de nitrogênio (MASSUKADO, 2008), já para o composto pronto espera-se que o pH esteja entre 6,0 -7,0, pois, nessa faixa, micro e macronutrientes importantes para o solo estão mais disponíveis (DAL BOSCO, 2017). Para tanto, será atentado a quantidade de resíduos ácidos usados, evitando excessivas quantidades, bem como baixas quantidades destes resíduos nas leiras.

A granulometria dos resíduos na compostagem também deve ser levada em consideração, pois, este fator também interfere no tempo de decomposição, uma vez que os microrganismos atuam na extensão superficial dos resíduos, logo, quanto maior for o refino do material, maior será a área que estará exposta a ação microbiana e mais rápida será a decomposição. A granulometria ideal para determinado resíduo depende da sua relação C/N, restos alimentares, por exemplo, por terem uma decomposição mais rápida podem apresentar tamanhos maiores que resíduos lenhosos

(INÁCIO e MILLER, 2009).

Os resíduos orgânicos são empilhados nas leiras em camadas, intercalando os resíduos secos (ricos em carbono - aparas de grama, folhas secas e galhos) e os resíduos úmidos (com baixa C/N - restos alimentares). Tanto a base como a superfície superior da leira são compostas por camadas de resíduos secos, pois, a inserção desse material na base previne o escoamento de água antecipadamente e na superfície superior garante que os restos alimentares não fiquem expostos evitando, assim, a atração de vetores (INÁCIO e MILLER, 2009).

Segundo Kiehl (apud OLIVEIRA et al., 2008) a técnica da compostagem é mais do que empilhar resíduos orgânicos. É preciso levar em consideração, além dos aspectos práticos de montagem, os parâmetros físicos, tanto referente ao interior da leira quanto do meio externo (condições climáticas do local que abriga a composteira), e biológicos (atividade dos microrganismos). Ao se conhecer a teoria que influencia os parâmetros, torna-se mais fácil construir e manter uma composteira com êxito.

A temperatura e umidade são alguns dos fatores físicos mais importantes. Na compostagem as fases de temperaturas são divididas em quatro fases, a primeira fase, chamada de mesofílica – de aquecimento, acontece de 30°C até 45°C e dura apenas alguns dias. Nela estão presentes microrganismos mesofílicos que degradam as partes mais solúveis e de rápida degradação dos resíduos orgânicos, com o aumento da temperatura estes microrganismos vão se tornando menos competitivos dando espaço para microrganismos termofílicos (VALENTE et al, 2009) e a segunda fase, a termofílica, começa.

A fase termofílica acontece a partir de 45°C e pode alcançar temperaturas até 85°C (FERNANDES e SILVA, 1999), os microrganismos termofílicos são essenciais na compostagem, pois intensificam a decomposição da matéria e acima de 55°C estes destroem muitos patógenos humanos e larvas de moscas além de muitos patógenos de plantas (INÁCIO e MILLER, 2009). É recomendável manter esta fase na faixa de 55°C - 65°C acima disso a atividade microbiológica decai tornando a decomposição mais prolongada (FERNANDES e SILVA, 1999).

Quando a maior parte da matéria orgânica já está degradada os microrganismos termofílicos tendem a desaparecer e, assim, a temperatura decai e os microrganismos mesofílicos voltam a predominar, esta é a terceira fase, chamada de mesofílica – de resfriamento (ANDREOLI et al., 2001 apud DAL BOSCO, 2017), nesta fase acontece a degradação das substâncias mais resistentes e se inicia o processo de maturação e humificação da matéria orgânica (DAL BOSCO, 2017). Por fim, se tem a fase de maturação (quarta fase) que ocorre a temperaturas próximas a ambiente, nela acontece a maturação completa com grade formação de substâncias húmicas e atividade biológica é baixa assim como a decomposição, e o composto já apresenta propriedades benéficas para ser

aplicado no solo (INÁCIO e MILLER, 2009).

O conteúdo de umidade deve ser mantido, segundo Kiehl (apud Dal Bosco, 2017), entre 40% - 70%, pois, fora da faixa adequada, prejudicam o desenvolvimento das atividades microbianas. No caso de umidade acima de 70%, o prejuízo acontece porque o excesso de água dificulta o fluxo de oxigênio (fundamental para a transformação do carbono para obtenção de energia) no interior da leira proporcionando condições anaeróbicas, já no caso de umidade abaixo de 40% o comprometimento do processo ocorre porque o metabolismo microbiano termofílico (essencial para a compostagem) não irá se desenvolver (INÁCIO e MILLER, 2009), além de que para conteúdo de umidade acima de 60% no interior da leira há geração de chorume (OLIVEIRA et al., 2008), líquido escuro de odor característico e rico em nutrientes, diferentemente do chorume produzido em aterros sanitários, e pode ser utilizado como fertilizante na plantação (INÁCIO e MILLER, 2009).

As altas temperaturas no interior da leira se dão devido ao metabolismo dos microrganismos que dissipam calor e, assim, aquece a leira (OLIVEIRA et al., 2008) e para manter essas temperaturas, principalmente na fase termofílica que requer as maiores temperaturas do processo, é preciso controlar o conteúdo de umidade, já que a maior parcela de calor perdida na compostagem se dá na forma de vapor de água, e o conteúdo de oxigênio, que proporciona a formação de energia para continuação da atividade microbiana (INÁCIO e MILLER, 2009).

Os meses de baixa umidade relativa (UR) e altas temperaturas em Caruaru, de acordo com os boletins mensais, de maio 2019 a abril de 2020, da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), foram de outubro a abril, já os meses de baixas temperaturas e alta UR são julho e agosto. Os meses de maior precipitação são de fevereiro a agosto, sendo maior em junho, julho e início de agosto, e os meses mais secos vão da segunda metade de agosto até o início de fevereiro (WHEATER SPARK).

A umidade das leiras são controladas nos meses de altas temperaturas e baixa UR fazendo-se a irrigação das leiras e, como já dito, as leiras contam com a presença de materiais lenhosos como galhos, cascas de árvores e folhas secas, etc., que retém água e estes funcionam como isolantes térmicos, pois apresentam baixa condutividade térmica e, assim, reduzem a transferência de calor da leira para o ar atmosférico (INÁCIO e MILLER, 2009) nesses meses espera-se que o chorume gerado seja muito pouco ou inexistente devido ao menor teor de umidade, já nos meses de baixas temperatura, alta UR e maiores pulverizações o excesso de umidade poderá ser controlada devido ao aumento evapotranspiração e do aumento da produção de chorume (INÁCIO e MILLER, 2009).

Como dito, o oxigênio é fundamental para a transformação do carbono em energia, quando

se atinge a fase termofílica o metabolismo microbiano se intensifica e assim o consumo de energia também, devido a tal fato o projeto de leiras com grandes áreas abertas para aeração natural é fundamental, porém pode não ser suficiente para a chegada do oxigênio no interior do material e se faz necessário o revolvimento do composto (INÁCIO e MILLER, 2009). Para o revolvimento do composto será usado pás, enxadas, dentre outras ferramentas de jardinagem.

Sendo assim, o revolvimento poderá ser utilizado para controlar a umidade dentro das leiras. Segundo Kiehl (apud Silva, 2009), há uma regra para determinar quando e quantas vezes o composto deve ser revolvido para estar dentro das características ideais. Dessa maneira, quando a umidade estiver acima do recomendado, a técnica de revolver iniciará no 3.º dia após a leira ser “alimentada” e seguirá até o 10.º, de acordo com o esquema abaixo:

- Umidade entre 60% e 70%, revolver a cada dois dias por 4 a 5 vezes;
- Umidade entre 40% e 60%, revolver a cada três dias por 3 a 4 vezes;
- Umidade abaixo de 40% necessita de irrigação, a não ser que a compostagem esteja em sua fase final.

Metodologia

Visto que há uma grande movimentação de alimentos de origem vegetal no IFPE campus Caruaru, onde funcionários terceirizados responsáveis pela distribuição da merenda afirmam fornecer frutas em pelo menos 4 de 6 dias letivos semanais, a ideia de destinar corretamente o lixo orgânico gerado pelos alunos, dá ponto de partida para este projeto.

A transformação de lixo orgânico em material fértil para adubação necessita de conhecimento e dedicação para tornar a boa ação em realidade, por isso, após o cenário pandêmico, que inviabilizava o contato presencial com pessoas, o projeto inicia com planejamentos organizacionais e metas a serem cumpridas.

O ponto de partida das atividades, foi o início da divulgação do projeto pelo campus, com informações e instruções de colaboração dos alunos para com o projeto, tais como:

- Identificação das lixeiras destinadas ao projeto;
- Tipo de resíduo aceito para o descarte, restrito ao tipo orgânico de origem vegetal;
- Conscientização ambiental atrelada aos objetivos do projeto.

Identificação das lixeiras e recipientes destinados ao projeto

Para que se haja a identificação do projeto dentro e fora da instituição, foram caracterizados baldes, tonéis e lixeiras, com o intuito de criar uma identidade visual que leve ao ato de colaboração com o projeto.



Figura 3 - Quadro de imagens do ato de caracterização de material. Autores.
Fonte: Autores (2022).

Tipo de resíduo recomendado para o descarte, restrito ao tipo orgânico de origem vegetal

As coletas realizadas contaram com a colaboração de alunos do IFPE e moradores do Alto do Moura que se dispuseram a descartar apenas resíduos orgânicos de origem vegetal nos recipientes destinados ao ato de coleta. Houve variações de pesagem a cada coleta realizada.



Figura 4 - Quadro de imagens do tipo de resíduo coletado e variação de peso nas coletas.
Fonte: Autores (2022).

Conscientização ambiental atrelada aos objetivos do projeto

Durante o processo de trabalho de conscientização interna e externa ao campus, foram conscientizados ambientalmente cerca de 500 alunos. Observou-se uma resistência dos alunos com a readaptação do descarte correto nas lixeiras apropriadas, e por isso, passamos a fiscalizar e orientá-los, com a intenção de fortalecer o novo hábito nos horários de alimentação do campus. Junto a isto, foram realizadas ações de educação ambiental para crianças da escola municipal do Alto do Moura. Com tais ações, foram coletados aproximadamente 150 kg de resíduo orgânico de origem vegetal gerado pelos mesmos em um período de aproximadamente dois meses, para o processo de compostagem.



Figura 5 - Quadro de imagens da conscientização ambiental interna ao instituto.

Fonte: Autores (2022).



Figura 6 - Quadro de imagens da conscientização ambiental externa ao instituto.

Fonte: Autores, 2022.

Resultados e Discussão

Dentre os resultados obtidos através das ações desenvolvidas e objetivos idealizados para o projeto, pode-se observar que houve uma resistência inicial por parte dos alunos do instituto em colaborar com o projeto quanto ao descarte correto nas lixeiras designadas com o adesivo, caracterizando e indicando o local correto de descarte. Em relação às ações educacionais na escola municipal do Alto do Moura, pode-se afirmar que houve boa interação com os alunos na realização de aulas lúdicas e palestras com temas ambientais e de reciclagem.

A realização do trabalho de campo na comunidade do Alto do Moura, a fim de apresentar o projeto aos moradores e captar colaboradores para a ampliação da coleta do resíduo orgânico, foi realizada de forma com que foram capturados 9 colaboradores, os quais se comprometeram em

realizar o descarte de resíduos sólidos orgânicos gerados por eles, e assim fazem. É observado uma variação de peso e volume entre as coletas realizadas semanalmente na comunidade do alto do Moura, bem como alguns resíduos que não se enquadram nos objetivos atuais do projeto, como alimentos processados, enlatados, dentre outros que não são de origem vegetal. Ao ponto em que esse tipo de situação é captado, os colaboradores são lembrados por meio de um aplicativo de mensagens sobre a importância de se seguir colaborando com o descarte ideal.

Considerações Finais

De acordo com as metas estabelecidas para o ano de realizações práticas do projeto, foram obtidos resultados positivos, totalizando na finalização de duas leiras, que significaram a destinação correta de cerca de 150 kg de resíduo orgânico gerado, o qual seria descartado de forma a não se aproveitar o seu potencial de transformação em material fertilizante. Também consideramos resultados relevantes os desenvolvimentos e práticas de ações educacionais tanto na comunidade interna do IFPE, campus Caruaru como externamente na comunidade do Alto do Moura.

Com a finalização da primeira e segunda leira, foram obtidos como resultado aproximadamente 80 kg de produto com potencial de fertilização (húmus). Com este material fertilizante, foram realizados a confecção de 100 (cem) transplântios de Ipê do tipo roxo, branco e pingo de ouro, os quais foram destinados ao campus Abreu e Lima com finalidade de revitalização de área verde.

O projeto ainda conta com metas futuras de expandir a coleta de resíduos da comunidade do Alto do Moura, abrangendo mais ruas e captando mais colaboradores para o desenvolvimento do projeto.

Referências

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010, São Paulo, Grappa, 2010, 199p.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. Disponível em:

BIEL, T.D. **Use of Recycled Tire Rubbers in Concrete. Materials Engineering Conference**. 1994, San Diego. Proceedings... San Diego, USA.v.3, p. 351-358.

BRASIL. [Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010]. **Política nacional de resíduos sólidos** [recurso eletrônico]. – 2. ed. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 416**, de 30 de setembro de 2009. Diário Oficial da República

Federativa do Brasil, Brasília, 01 Set. 2009.

CEMPRE. Review 2013. **Panorama de Reciclagem**. Disponível em: acesso em 04/02/2015

DIAS, R. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

DIAS, S. M. **Coleta Seletiva e Inserção Cidadã: A Parceria Poder Público/Asmare**. In: JACOBI, P. (Org.). **Gestão compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo. Annablume. 2006. p. 65-86.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**, 2ª edição, São Paulo, Atlas, 2014

ELDIN, N. N.; SENOUCCI, A.B. R. **Tire Particles as Concrete Aggregate**. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 5, n.º 4, Nov. 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Relatório pneumáticos: Resolução Conama nº 416/09: 2018 (ano-base 2017)** / Diretoria de Qualidade Ambiental. – Brasília: Ibama, 2018.

KAMIMURA, E. **Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil**. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2002.

MUELLER, C. F. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Produtividade**, GELOC-UFSC, Santa Catarina, 2005.

PEIXOTO, K.; CAMPOS, M. A. D'A. "**Localização de Equipamentos para Coleta Seletiva de Lixo Reciclável em Área Urbana**." 2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento, Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 2006.

SCHITTEKAT, P.; KINABLE, J. et al. **A metaheuristic for the school bus routing problem with bus stop selection**. **European Journal of Operational Research**. 2013.

TADEU, F. B.; SILVA, J. T. M.; BOACHAT, C. B.; CAMPOS, P. M. S.; PEREIRA, A. L. **Logística Reversa e Sustentabilidade**– São Paulo: Cengage Learning, 2013.

TOUTANJI, H.A. **The Use of Rubber Tire Particles in Concrete to Replace Mineral Aggregates**. In: **Cement & Concrete Composites**, N.º18, 1996. pp. 135-139