

Resíduos sólidos orgânicos: implantação de um pátio de compostagem descentralizado como alternativa de tratamento no município de Castanhal – PA

RESUMO

Giordan Cordovil Costa
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Pará,
Castanhal, Pará, Brasil
consultoria.giordan@gmail.com

Romier da Paixão Sousa
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Pará,
Castanhal, Pará, Brasil
romier.sousa.ifpa@gmail.com

O acelerado processo de urbanização intensifica a geração de resíduos sólidos orgânicos e expõe limites dos modelos centralizados de gestão. Este artigo analisa a implantação de um pátio de compostagem descentralizado em Castanhal-PA, a partir de pesquisa-ação com famílias urbanas, integrando coleta seletiva, ação teste de separação na fonte e caracterização físico-química do composto produzido. Os resultados demonstraram adesão comunitária significativa, eficiência média de 31–35% nas leiras e obtenção de fertilizante orgânico de Classe A, conforme parâmetros do MAPA. Extrapolados em escala municipal, indicam potencial de mais de 490 t/mês de composto, revelando ganhos ambientais, agronômicos e sociais. A experiência evidencia a compostagem descentralizada como estratégia tecnológica e social para cidades sustentáveis, promovendo economia circular e integração entre espaços urbanos e rurais, ao mesmo tempo em que fortalece políticas públicas locais de gestão de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Cidades sustentáveis. Resíduos Orgânicos. Compostagem descentralizada.

INTRODUÇÃO

As cidades acumulam riquezas, sendo os principais centros de educação, assim como de geração de novos empregos, ideias, cultura e oportunidades econômicas. De acordo com o Relatório das Cidades do Mundo da ONU (Organização das Nações Unidas), as áreas urbanas já abrigam cerca de 55% da população global, devendo chegar a 68% em 2050, quando se estima uma população mundial de 10,2 bilhões de habitantes (ONU, 2022). A consequência desse fenômeno reflete-se diretamente no aumento da geração e complexidade dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), o que pode causar sérios problemas sanitários, sobretudo aos países em desenvolvimento.

Em âmbito regional, apesar da Amazônia exercer atividades econômicas no aproveitamento energético, madeireiro e mineral, deixando de ser apenas floresta, enfrenta também problemas notoriamente urbanos. Todavia, essas atividades não trouxeram melhorias significativas em infraestrutura ou serviços públicos como nos demais estados brasileiros (Andrade, 2019; Lima, 2016). Assim, lixões a céu aberto contaminam os corpos hídricos da região, agravando o quadro de doenças por falta de saneamento básico adequado, além de mudar a paisagem local, substituindo o verde por áreas insalubres (Alves de Souza Filho et al., 2019; Siqueira et al., 2019).

A região norte representou aproximadamente 4% do total de resíduos gerados no Brasil, no ano de 2021, com cerca de 6 milhões de toneladas/ano, dos quais 83% foram coletados, sendo que 64,4% do total de resíduos sólidos coletados foi destinado de forma inadequada para lixões, perfazendo um total de 3.209.013 t/ano de resíduos. Esses dados evidenciam a problemática ao longo dos anos em torno da geração, coleta e tratamento de resíduos na região Norte conforme dados do panorama dos resíduos sólidos no Brasil de 2021 (ABRELPE, 2021).

Castanhal destaca-se como um dos municípios polos em geração de resíduos sólidos urbanos no Pará, com 230,2 t/d de geração de resíduos que corresponde a 62,4% da geração da população urbana da região de integração. Seguem como municípios de maior geração de resíduos: Vigia com 26,1 t/d e São Miguel do Guamá com 25,9 t/d (PARÁ, 2014). Ainda, importante destacar que os dados disponíveis sobre o município de Castanhal possuem em torno de nove anos de defasagem, conforme demonstrado no plano estadual de resíduos sólidos do estado do Pará de 2014, onde, segundo os estudos de Garcia et al. (2015), Pisani Jr. et al. (2017), a carência de dados atualizados de geração de RSU municipais tem como consequência a inadequada elaboração de projetos de infraestrutura dos componentes do gerenciamento de RSU, a equivocada especificação e quantificação de equipamentos a serem empregados na coleta e transporte dos RSU e o aumento nos custos orçamentários e nos impactos ambientais com a prestação do serviço.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019), no Brasil, 60% da composição dos resíduos são matéria orgânica, passível de reciclagem por meio do processo de compostagem, um método simplificado e sem custos elevados para o tratamento sanitariamente adequado.

O incremento de usinas de triagem e compostagem de RSU, no Brasil, ocorreu a partir da década de 1980, quando o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) disponibilizou uma linha de crédito para a compra de equipamentos e “passou a financiar com grande alarde usinas de reciclagem e compostagem para prefeituras municipais país afora” (Eigenheer, et al. 2005). Esses empreendimentos se apresentavam às municipalidades como uma solução para o problema dos lixões, cuja operação geraria receitas para os municípios, com a comercialização de recicláveis e de composto (Monteiro, 2001).

Apesar dessas iniciativas históricas, os municípios brasileiros têm tido, de maneira geral, dificuldades em explorar o potencial da compostagem de resíduos orgânicos como Política Pública. A maior parte das iniciativas municipais em compostagem, no Brasil, restringem-se a pátios centralizados, que recebem resíduos de coleta mista (resíduos orgânicos misturados com rejeitos) ou de apenas alguns grandes geradores de resíduos orgânicos. Os resíduos orgânicos domésticos, em geral, acabam sendo dispostos em aterros sanitários ou lixões, desperdiçando nutrientes e matéria orgânica que, no ciclo natural, têm o papel de fertilizar e manter a vida nos solos (BRASIL, 2017).

A problemática em torno dos impactos socioeconômicos e ambientais da disposição inadequada dos resíduos orgânicos sólidos nos municípios tem rebatimentos de adequação legal frente às legislações ambientais atuais, assim como na vida das pessoas e nos ciclos hidrológicos e na saúde do ambiente como um todo. Assim, o desenvolvimento de alternativas de tratamento dos resíduos orgânicos pode gerar uma nova atividade econômica, voltada para o gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos industriais, com tratamento em pátios de compostagem descentralizados, realizando uma economia circular de materiais, tendo como produto um composto orgânico de alto valor agregado, com capacidade de integrar e desenvolver ações entre os espaços urbanos e rurais, constituindo uma tríade produção-consumo-produção em uma perspectiva do metabolismo sócio ecológico (Toledo; González de Molina, 2011). Este processo pode envolver diversos setores da sociedade, como, prefeituras, cooperativas, empresas, organizações não governamentais, associações, propriedades agrícolas e sociedade civil organizada.

Desta forma, o presente artigo tem como objetivo geral apresentar resultados do desenvolvimento de uma alternativa para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos domésticos, utilizando a técnica de compostagem e separação de resíduos na fonte junto a famílias urbanas no município de Castanhal-PA.

METODOLOGIA

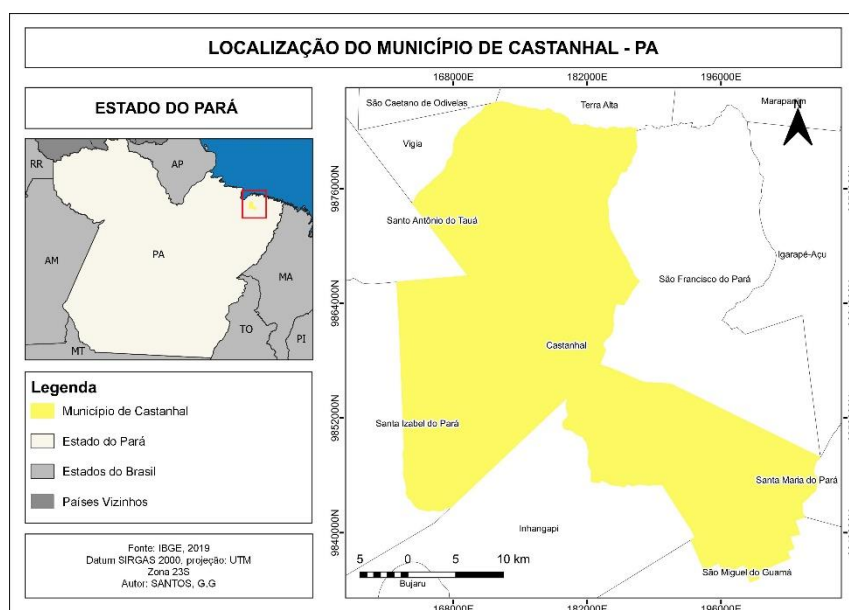
A pesquisa tem como base uma abordagem qualiquantitativa, tendo a necessidade de aplicação, junto às famílias de Castanhal que aderirem ao estudo. Foram aplicados questionários semiestruturados, com questões fechadas, que abordarão temas socioambientais, focados na gestão de resíduos orgânicos domiciliares, seguido de uma análise discursiva dos dados. Em seguida, a ação teste servirá para validar junto às famílias a metodologia adotada e mensurar os dados amostrais demonstrando os resultados de forma qualitativa, quantitativa e temporal.

A vertente metodológica seguida neste trabalho traz como eixo central a pesquisa-ação, a qual, segundo Thiollent (1986, p. 19) enquanto na pesquisa convencional o sujeito, alvo da pesquisa, por vezes pode ser entendido como um mero informante ou executor, onde a participação de pesquisadores com o público-alvo da pesquisa é nula, quase nula ou reduzida, na pesquisa-ação, que parte do pressuposto de participação e de ação efetiva entre todos os envolvidos – pesquisadores e pessoas ou grupos, objeto da pesquisa, esse quesito é central.

Portanto, a pesquisa-ação atende a uma diversidade de propostas de pesquisa em vários campos de atuação social, seja dentro de uma organização, como por exemplo, empresa, instituições, escola, bem como em lugares abertos, bairro popular, comunidade e outros Thiollent, 1986, p. 8,16).

O município de Castanhal no Pará está localizado no norte brasileiro e ao nordeste paraense (Figura 5), é uma das sete cidades pertencentes à região metropolitana de Belém, além de ter uma localização geográfica privilegiada por ser cortada pela BR-316 que é importante rodovia para o município, pois facilita o escoamento da sua produção. De acordo com IBGE (2022), a população do município é de 192.262 habitantes.

Figura 1: Mapa de localização de Castanhal



Fonte: IBGE (2019).

Inicialmente, foi realizado um levantamento de experiências, formais e informais, que desenvolvem compostagem de resíduos orgânicos domiciliares no Brasil e no mundo, o levantamento buscou identificar diferentes tipos de experiências e ocorreu por meio de pesquisas na internet, revisão bibliográfica de relatórios e artigos jornalísticos, técnicos e científicos, contato com gestores e profissionais da área em congressos, seminários e conferências e contato com instituições governamentais, não governamentais e empresas privadas que se relacionam com resíduos orgânicos.

Ainda, foram aplicados questionários junto as famílias participantes do estudo e gerados gráficos dos pontos pertinentes da pesquisa para posterior análise dos resultados. Os domicílios foram selecionados pelo método de amostragem por questionário com livre adesão gerado através do *google forms*, um aplicativo de gerenciamento de pesquisas na web, sendo divulgado em redes sociais de alto alcance.

O processo de tratamento dos resíduos foi acompanhado sistematicamente para apresentação dos resultados dos experimentos realizados, como relação da temperatura e maturação do composto, análise físico-química em laboratório especializado e rendimento dos materiais compostados.

RESULTADOS

Coleta de resíduos

No primeiro momento, foram realizadas ações de coleta de resíduos orgânicos, restos de frutas, legumes e verduras nas residências das 26 famílias pré-selecionadas com a aplicação do questionário estruturado. A importância da separação dos resíduos na fonte em baldes plásticos está relacionada com pH ácido durante o estágio inicial de decomposição dos resíduos. Essa acidez contribui na corrosão das caçambas dos caminhões de coleta, que precisam ter uma proteção para evitar custos frequentes de manutenção.

Também foram coletados resíduos de caroço de açaí seco (*Euterpe oleraceae* L.) gerados em pontos de comercialização do fruto, como matéria regional para compor o material lenhoso necessário no equilíbrio da relação carbono/nitrogênio, tendo em vista sua ampla abundância nos municípios paraenses.

A partir deste momento, os resíduos foram acondicionados em bombonas de 50 litros e direcionados ao Laboratório Agroecológico de Gestão de Resíduos e Matéria Orgânica – LAGRMO que está instalado nas dependências do IFPA – Campus Castanhal, para a reciclagem através da técnica de compostagem.

Ao chegar no pátio de compostagem, os resíduos passaram por triagem manual para retirada de materiais indesejados, como plástico, vidro e metal.

Processamento dos materiais

No método empregado houve uma trituração prévia do caroço de açaí seco com o objetivo realizar a quebra das fibras do açaí, aumentando a superfície de contato para facilitar a decomposição da matéria orgânica, assim acelerando o processo de decomposição e servindo de material estruturante da leira devido ser um material lenhoso com alto teor de carbono.

A trituração do caroço de açaí também é recomendado por Teixeira et al (2005) para uma melhor ação dos microrganismos e consequentemente redução do tempo de compostagem, além de resultar em um composto com melhor aspecto.

Devido a variação na disponibilidade de resíduos orgânicos, para este estudo ficou definido um percentual de 50% caroço de açaí, 25% de resíduo orgânico doméstico e 25% de esterco de gado.

Montagem das leiras

Foram montadas 4 leiras de compostagem, cada leira com medidas de 2 m de comprimento, altura entre 0,5 e 1 m e largura de 1,2 m, em formato inicial de trapézio. O resíduo domiciliar apresentou uma grande variação nos tipos de materiais presentes, na maioria restos de furtas legumes e verduras. Uma característica importante observada foi a relação na variação dos tipos de materiais coletados de acordo sazonalidade.

O esterco de gado foi utilizado como inoculante por apresentar uma microbiota ativa importante para auxiliar na decomposição da matéria orgânica, além de contribuir para o aumento da carga de nutrientes com o Nitrogênio no composto final. O esterco foi adquirido dentro das dependências do IFPA – Campus Castanhal.

Para facilitar a aeração e manter a umidade e temperatura dentro dos padrões orientados pela leitura já mencionada neste estudo, foi realizado o revolvimento das leiras uma vez por semana, seguido de rega com água.

O processo manual de reviramento com ferramentas comuns, como enxadadas e garfos. O princípio básico do reviramento é fazer com que o ar possa entrar nos poros e permitir que bactérias aeróbias, fungos e outros organismos decompositores possam ter condições ideais para se multiplicar, assim acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica.

O composto final passou por uma peneira de 10 milímetros para retirada de sólidos grosseiros que não passaram pela decomposição completa, necessitando ser reintroduzido a uma pilha de compostagem para finalizar a decomposição.

Na última etapa de manejo do composto pronto, houve o ensacamento em sacos de ráfia de 20 kg cada e acondicionamento em local coberto.

Quantitativo de material reciclado

Os dados quantitativos são importantes para aferir o rendimento percentual de composto gerado em relação ao total inicial compostado e, assim, aferir o potencial de tratamento dos resíduos orgânicos urbanos, mitigar os impactos socioambientais e estimar o potencial de escala dessa atividade.

Na Tabela 1 está detalhada a quantidade de material utilizada na montagem de cada leira e suas respectivas identificações.

Tabela 1: Quantidade de matéria orgânica compostada

Material/leira	Resíduo domiciliar	Esterco de gado	Caroço de açaí	Total
TOR1 (kg)	74,844	70	150	294,844
TOR2 (kg)	79,715	70	150	299,715
TOR3 (kg)	84,5	80	150	314,5
TOR4 (kg)	85,954	80	150	315,954

Fonte: Os autores.

As leiras foram formadas a cada coleta de resíduo, sendo, uma vez por semana no período de um mês, o que acabou evidenciando que, ao longo das coletas, as

peças foram adquirindo o hábito de separar os resíduos, o que gerou um crescimento no quantitativo de materiais nas leiras 3 e 4.

Os dados obtidos em Castanhal indicam uma geração per capita de 0,142 kg/hab./dia apenas para a fração de frutas, legumes e verduras, equivalente a cerca de 16% dos resíduos domiciliares. Esse valor é inferior ao observado em outros municípios brasileiros, como São Jorge do Ivaí (63%) e estudos em grandes centros latino-americanos (~50%) (Albertin et al., 2011; Durán Moreno et al., 2013; Rezende et al., 2013). Essa diferença decorre do recorte metodológico do estudo, que não incluiu outras frações orgânicas (carne, ossos, restos de alimentos cozidos).

Extrapolando para a população de Castanhal (192.262 habitantes, IBGE, 2022), estima-se uma geração de 27,3 t/dia de resíduos orgânicos passíveis de compostagem, resultando em 327,6 a 491,4 t/mês de composto orgânico, conforme eficiência de reciclagem de 40–60% (Bernal et al., 1998; Leal, 2006; Brito, 2008). Esses resultados reforçam o potencial da compostagem descentralizada como estratégia de gestão sustentável de resíduos.

Tabela 2: Quantitativo de material orgânico compostado.

Material/leira	Peso total	Composto Gerado	Eficiência	Sólidos não compostados
Leira 1 (kg)	294,844	91,358	31%	25,2%
Leira 2 (kg)	299,715	95,852	32%	28,7%
Leira 3 (kg)	314,5	111,538	35%	21,3%
Leira 4 (kg)	315,954	104,992	33%	25,9%

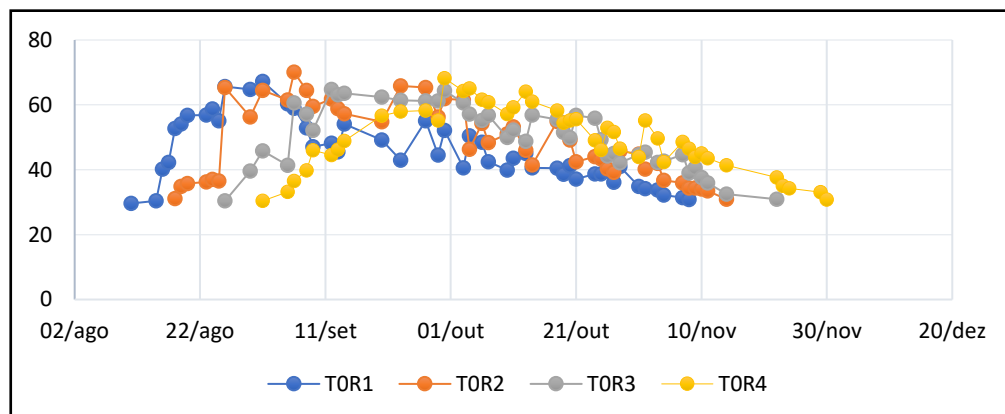
Fonte: Os autores

A Tabela 2 mostra um resultado de eficiência das leiras de compostagem entre 31% e 33%, estando abaixo dos resultados encontrados em estudos semelhantes de Bernal et al. (1998), Leal (2006) e Brito (2008), que analisaram que o decréscimo do volume de massa da pilha de compostagem deve-se à perda de carbono durante o processo de compostagem, utilizado como fonte de energia pelos microrganismos. Essa elevada perda de carbono em relação à perda de nitrogênio durante o processo, faz com que a massa final do composto geralmente corresponda a cerca de 40 a 60% da sua massa inicial.

Medição da temperatura

A temperatura das quatro leiras foi monitorada durante o período de 18 de agosto a 30 de novembro de 2023, momento no qual foi gerado o Gráfico 6 que faz uma demonstração da relação entre as variações de temperatura, tempo e estado de maturação das leiras.

Gráfico 1: Relação temperatura e tempo na compostagem termofílica



Fonte: Os autores

Conforme o gráfico 1, o monitoramento das leiras indicou que a temperatura se elevou rapidamente, alcançando valores médios acima de 60 °C entre o 7º e o 10º dia após a montagem, permanecendo nesse patamar por aproximadamente 15 dias. Em seguida, ocorreu a fase de resfriamento gradual, com estabilização completa em torno de 86 dias, quando as temperaturas caíram abaixo de 31 °C. Esse comportamento atende aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 481/2017, que exige manutenção mínima de 60 °C por três dias consecutivos para assegurar a sanitização térmica. Assim, o processo adotado mostrou-se eficaz para a redução de microrganismos indesejados e patógenos de relevância sanitária, como *Salmonella* sp. e *Escherichia coli*, confirmando a adequação do método às recomendações técnicas e reforçando a viabilidade do sistema de compostagem descentralizado em pequena escala (Worrell et al., 2017).

Caracterização do composto gerado

Após 86 dias do início da primeira leira de compostagem, foram coletados 4 kg de composto das quatro leiras, sendo 1 kg de cada leira. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas em um recipiente plástico para então ser feita a retirada de 1 kg de amostra. Essa amostra foi enviada para laboratório especializado que seguiu o método de análise do manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos de 2017 (MAPA, 2017).

A partir da Tabela 3 é possível constatar algumas qualidades contidas no composto orgânico, tal como as concentrações de nutrientes, pH, umidade, nitrogênio total, carbono orgânico, relação C/N, matéria orgânica total e outros parâmetros. Estas características apontam para uma boa ou má qualidade do material final, sendo relevante os pontos a serem tratados no que se refere a estas variáveis.

Tabela 3: Análise do composto

ANÁLISES	UNIDADE	BASE SECA - 65 C
pH CaCl ₂ 0,01 M (Ref. 1:2,5)	pH	5,8
Umidade à 60-65°C	%	31,18 (Natural)
Nitrogênio Total	%	1,82

Matéria Orgânica Total	%	69,99
Matéria Orgânica Compostável (Titulação)	%	31,9
Matéria Orgânica Resistente a Compostagem	%	38,09
Carbono Total (Orgânico e Mineral)	%	40,69
Carbono Orgânico	%	18,55
Resíduo Mineral Total	%	30,01
Relação C/N (C Total e N Total)	_____	22/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	_____	10/1
Fósforo Total (P2O5 Total)	%	1,01
Potássio (K2O Total)	%	1,21
Cálcio (Ca Total)	%	1,93

Fonte: Os autores

O composto produzido, segundo a Instrução Normativa nº 25 de julho de 2009, é classificado como Classe A, com características de fertilizante orgânico que em sua produção utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, nos quais não sejam utilizados no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura. Sendo assim, o composto final foi comparado às especificações contidas no anexo III da IN supracitada (MAPA, 2020).

A Tabela 7 apresenta valores finais de parâmetros monitorados durante a condução deste estudo, para fins de comparação dos parâmetros do composto produzido com IN nº 25/2009 do MAPA.

Tabela 4: Comparação do composto produzido com a IN nº 25/2009 do MAPA.

Parâmetros	Amostra	IN nº 25/2009 MAPA
TU (%)	31,18	50,0 (máx.)
NT (%)	1,82	0,5 (min.)
CO (%)	18,55	15,0 (min.)
pH (%)	5,8	6,0 (min.)
Relação C/N	22/1	20,0 (máx.)

Fonte: Adaptado de MAPA, (2020).

Legenda: TU - Teor de umidade; NT - Nitrogênio Total; CO - Carbono orgânico.

A caracterização físico-química do composto revelou um teor de 38% de matéria orgânica resistente à decomposição, resultado esperado pela alta concentração de lignina no caroço de açaí, cuja relação C/N é naturalmente elevada (TEIXEIRA et al., 2005). Esse valor, embora significativo, não compromete a qualidade do insumo, já que tais frações recalcitrantes exercem funções agrônômicas importantes quando aplicadas ao solo, como a conservação da umidade, a redução da evaporação, o sombreamento da superfície e a inibição parcial de plantas espontâneas (BRSCAN, 2020).

No que se refere aos nutrientes, os resultados foram satisfatórios e atenderam aos parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa nº 25/2009 do MAPA (MAPA, 2020). O teor de nitrogênio total foi de 1,82%, superior ao limite mínimo legal de 1% e acima de valores encontrados em estudos com resíduos alimentares, dejetos animais e carcaças de aves, como os de Fortes Neto et al. (2013), Abreu et al. (2011) e Vione et al. (2018), que relataram valores variando entre 0,6% e 1,3%. O fósforo apresentou teor de 1,01% e o potássio de 1,21%, ambos compatíveis com as exigências normativas e em níveis superiores aos observados em compostagens de diferentes origens (FORTES NETO et al., 2013; ABREU et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2013). O cálcio, por sua vez, alcançou 1,93%, valor acima do mínimo requerido e superior ao registrado em compostos analisados por Primo et al. (2010) e Nascimento et al. (2013), confirmando sua relevância para a nutrição vegetal e correção da acidez do solo.

Outro parâmetro relevante foi a relação C/N, que apresentou valor final de 10/1, indicando boa estabilização do composto, mesmo com o elevado teor de carbono total de 40,69%. Esse equilíbrio pode ser explicado pela combinação entre caroço de açaí, resíduos domésticos e esterco bovino, que enriqueceram a mistura em nitrogênio. Embora Kiehl (1985) destaque que relações C/N baixas favorecem a velocidade de decomposição, o presente estudo demonstrou que a presença de materiais lignificados pode retardar o processo, confirmando que a disponibilidade de nitrogênio, por si só, não garante maior rapidez de degradação.

O pH do composto foi de 5,8, caracterizando-o como levemente ácido, condição considerada aceitável, pois tende a se neutralizar gradualmente durante a maturação e no contato com o solo (LOPES et al., 1991; KIEHL, 2004). Além disso, o índice de matéria orgânica compostável foi de 31,9%, indicando a presença de frações de fácil degradação, fundamentais para o aporte de nutrientes às plantas (SILVA, 2008).

De forma geral, os resultados demonstram que o bioinsumo produzido pode ser classificado como fertilizante orgânico de Classe A, seguro para uso agrícola, atendendo às exigências legais (MAPA, 2020) e apresentando teores nutricionais compatíveis ou superiores aos relatados em outros estudos. Isso confirma o potencial do aproveitamento do caroço de açaí associado a resíduos domésticos e esterco bovino como alternativa eficaz para a produção de compostos orgânicos de qualidade e de aplicabilidade direta na agricultura.

Destinação do composto gerado

A destinação do composto produzido envolveu a entrega às famílias participantes do estudo, como forma de fechar o ciclo da ação teste e reforçar o caráter participativo da pesquisa-ação. Essa prática permitiu demonstrar na prática os benefícios da compostagem, engajando a comunidade e estimulando o debate sobre a criação de políticas públicas locais para o manejo de resíduos. Parte do material também foi utilizado em sistemas agroflorestais experimentais no IFPA – Campus Castanhal, validando sua aplicação agrônômica.

A aproximação entre o grupo gestor e a comunidade mostrou-se estratégica, fortalecendo vínculos e favorecendo mudanças de percepção e comportamento. Experiências semelhantes em países em desenvolvimento demonstram que a compostagem descentralizada pode reduzir custos de transporte e disposição final, criar empregos locais e se adaptar melhor às necessidades específicas de cada território (ALI, 2004; ROTHENBERGER, 2007; ROTHENBERGER et al., 2006).

Embora não tenha havido, neste momento, a valoração econômica do composto gerado, os resultados indicam seu potencial de uso e aceitação, corroborando estudos que apontam a viabilidade técnica e econômica desse tipo de iniciativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento de informações através da aplicação de um questionário estruturado sobre a disposição de aderir ao método de separação de resíduos na fonte, mostrou resultados satisfatórios e acima da média de outros estudos, com 47,27% de adesão e permanência no estudo, evidenciando o interesse de grande parte das pessoas em participar de ações concretas para um melhor manejo dos resíduos sólidos domiciliares.

A ação teste mostrou o potencial de ganho de escala do tratamento de resíduos orgânicos através de pátios de compostagem descentralizados, considerando os resultados obtidos e extrapolados a nível municipal, com geração de 819,03 toneladas/mês de resíduos orgânicos domiciliares para o município de Castanhal, que podem produzir em torno de 491,41 toneladas/mês de composto orgânico, através da técnica de compostagem termofílica, o que representa a expressão dos desafios e oportunidades mostrados em resultados quantitativos, reforçados pelos benefícios sociais e ambientais, evidenciando que a coleta seletiva de resíduos orgânicos também é um elemento essencial no abastecimento de matéria-prima de qualidade para produzir composto de alta qualidade e solução na mitigação de impactos socioambientais causados pela destinação inadequada de resíduos orgânicos.

Ainda, devido à variedade dos materiais orgânicos gerados nas residências, empresas e prédios públicos, é importante indicar a continuidade dos estudos com outras tecnologias de tratamento de resíduos orgânicos, como exemplo a digestão anaeróbia para produção de energia e fertilizante líquido, a fim de aumentar ao máximo o percentual de tratamento da fração orgânica, além de continuar avançando em testes qualitativos dos compostos gerados, a partir do tratamento dos resíduos orgânicos coletados.

A análise físico-química do composto orgânico produzido após o processo de decomposição aeróbia apresentou resultados satisfatórios para os parâmetros analisados, com uma ressalva para o pH e relação C/N, indicadores que se mostraram fora dos parâmetros da IN nº 25, de 2009 do MAPA. Porém, conforme discutido nos resultados do estudo para a relação C/N, apesar deste teor estar elevado isto não se mostra como um problema ao qual a pesquisa deve se preocupar, já que este material tem potencial em contribuir na cobertura morta do solo, decompondo-se de forma lenta e outros inúmeros benefícios ao ambiente. Quanto ao pH, apesar de não oferecer riscos significativos conforme explicitado na discussão dos resultados, fica indicada a contínua melhoria no processo de separação na fonte dos resíduos, almejando eliminar possíveis contaminações, que podem influir de maneira significativa na acidificação do composto final, devido apresentarem-se com variedades de materiais, incluindo cítricos, proteínas animais e outras matérias orgânicas com acidez elevada.

Importante entender que um sistema de compostagem precisa de usuários, com agricultores locais, que devem ser incluídos desde o início da fase de planejamento para garantir que suas opiniões sejam refletidas no sistema. Sem o envolvimento dos agricultores locais que usam composto orgânico regularmente, os sistemas de

compostagem poderão não ser bem-sucedidos no cumprimento dos objetivos do governo local para reduzir a quantidade de resíduos orgânicos descartados em aterros sanitários e corrigir o desperdício por mau gerenciamento.

Por fim, ressalta-se que o estudo em questão não teve o objetivo de exaurir todas as possibilidades de tratamento dos resíduos orgânicos dos municípios da Amazônia paraense, mas validar o desenvolvimento de um protocolo metodológico como alternativa na prática de tratamento de resíduos orgânicos urbanos, visando um horizonte curto para o fechamento dos lixões, assim servindo de ponto de partida para iniciativas sustentáveis no gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos em centros urbanos.

Organic solid waste: implementation of a decentralized composting yard as a treatment alternative in the municipality of Castanhal – PA

ABSTRACT

The accelerated urbanization process intensifies the generation of organic solid waste and exposes the limits of centralized management models. This article analyzes the implementation of a decentralized composting yard in Castanhal-PA, based on action research with urban families, integrating selective collection, test action of source separation, and physicochemical characterization of the produced compost. The results showed significant community adherence, average efficiency of 31–35% in the windrows, and the production of Class A organic fertilizer, according to MAPA standards. When extrapolated to the municipal scale, the initiative indicates a potential of more than 490 t/month of compost, revealing environmental, agronomic, and social benefits. The experience highlights decentralized composting as a technological and social strategy for sustainable cities, promoting circular economy, urban–rural integration, and strengthening local public policies for waste management.

KEYWORDS: Organic Waste. Composting. Circular Economy. Castanhal- PA

REFERÊNCIAS

- ABAD, V.; AVILA, R.; VICENT, T.; FONT, X. Promoting circular economy in the surroundings of an organic fraction of municipal solid waste anaerobic digestion treatment plant: Biogas production impact and economic factors. *Bioresource Technology*, v.283, p.10-17, 2019. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.064>.
- ABREU, P. G; PAIVA, D. P; ABREU, V. M. N; COLDEBELLA, A; CESTONARO, T: Casca de arroz e palhada de soja na compostagem de carcaças de frango de corte. *Maringá*, v. 33, n. 1, p. 51-57, 2011.
- ALBERTIN, R. M.; MORAES, E.; SILVA, F. F. S.; CORVELONI, E. P. M.; ANGELIS NETO, G.; ANGELIS NETO, B. Proposta de ampliação do programa de coleta seletiva para o município de São Jorge do Ivaí no Estado do Paraná. *Revista Agro@mbiente On-line*, Boa Vista, v.5, n.1, p.75-81, 2011.
- ALVES DE SOUZA-FILHO, E., HORTÊNCIO-BATISTA, I., & CARVALHO DE ALBUQUERQUE, C. (2019). Levantamento de aspectos físico-químicos das águas da microbacia do mindu em Manaus-Amazonas. *Revista Geográfica de América Central*, 2(63), 341-367. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.63-2.13>.
- ANDRADE, R. de P. (2019). Vencidas a distância e floresta! A Transbrasiliana e a Amazônia desenvolvimentista. *Tempo*, 25(2), 363-381. <http://dx.doi.org/10.1590/tem-1980-542x2019v250204>. Ano 6, Vol X, Número 1, Jun-Jul, 2013, Pág. 59-67.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil: 2021. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em janeiro de 2022.
- BERNAL, M. P. et al. Maturity and stability parameters of compost prepared a wide range of organic waste. *Bioresources Technology*, Oxford, v. 63, p. 91-99, jan. 1998.
- BRASIL. Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação. Ministério do Meio Ambiente. Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio - Brasília, DF: MMA, 2017. ISBN: 978 – 85 –7738–313 - 9.
- BRITO, M. J. C. Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala potencial de utilização do composto como substrato. 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Aracajú, 2008.

BRSCAN, I. M: Dia de campo na tv mostra vantagens da cobertura morta no coqueiro. Embrapa. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/50205578/dia-de-campo-na-tv-mostra-vantagens-da-cobertura-morta-no-coqueiro>. Acesso em: 11 ago. 2023.

CONAMA. Resolução nº 481, de 03 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, Brasília, DF: p. 93. 09 out. 2017.

CONCEIÇÃO, M. M. M. D et al. Qualidade ambiental do vazadouro a céu aberto de Castanhal- PA / Environmental quality of the empty sky of Castanhal-PA. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 6, n. 3, p.12760-12775, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7727>. Acesso em: 11 jun. 2023.

DIAS, L. P. R; GATIBONI, L. C; BRUNETTO, G; ARRUDA, B; COSTA, M. M: Distribuição e morfologia do sistema radicular de *Eucalyptus dunni* em resposta a aplicação de fosforo. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.16, n.3, p.203-213, 2017.

DURÁN MORENO, A.; GARCÉS RODRÍGUEZ, M.; VELASCO, A. R.; MARÍN ENRIQUEZ, J. C.; GUTIÉRREZ LARA, R.; MORENO GUTIÉRREZ, A.; DELGADILLO HERNÁNDEZ, N. A. Características y análisis de composición de los residuos sólidos de la Ciudad de México. Rev. Int. Contam. Ambient, México, v.29, n.1, p.47-57, 2013.

Eigenheer, E. M.; Ferreira, J. A.; Adler, R. R. Reciclagem: mito e realidade. Rio de Janeiro: In-Fólio. 2005.

FORTES NETO, P; SILVA, F. C; FORTES, N. L. P; BALLESTERO, S. D: Quantificação da liberação de C-CO₂ e relação C/N durante a compostagem de lixo urbano. Holos environment, v. 13 n. 1. 2013 – P10.

GARCIA, M. B. dos S., NETO, J. L., MENDES, J. G., XERFAN, F. M. de F., & VASCONCELLOS, C. A. B. de. (2015). Resíduos sólidos: responsabilidade compartilhada. Semioses, 9(2), 77–91.

GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel; TOLEDO, Víctor M. Metabolismos, naturaleza e história. Hacia una teoría de las transformaciones socioecológicas. Barcelona: Icaria, 2011.

IBGE - Instituto de Geografia e Estatística. Panorama do município de Castanhal. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/castanhal/panorama>. Acesso em: 04 jul. 2022.

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004. 173p.

KIEHL, E. J: Fertilizantes orgânicos. Ed agrônômica ceres Ltda. Piracicaba – SP. 1985. 492 p.

LEAL, M. A. A. Produção e eficiência agronômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas. 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Ciência em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LIMA, M. O. (2016). Amazônia, uma história de impactos e exposição ambiental em paralelo à instalação de grandes empreendimentos na região. Revista Pan-Amazônica de Saúde, 2(7), 1-2. <http://dx.doi.org/10.5123/S2176-62232016000200001>.

LOPES, A. S; SILVA, M. C; GUILHERME, L. R. Acidez do solo e calagem. Agência nacional para difusão de adubos (ANDAs). Boletim técnico Nº. 1. [s.l.]. Ano: 1991.

MAPA, 2017. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília, 240 p.

MAPA: Instrução normativa nº 61, de 08 de julho de 2020: Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerância, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados a agricultura. Brasília, DF: diário oficial da união, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Compostagem. Brasília. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>; cesso em 07/06/2019.

MONTEIRO, J. H. P. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Rio de Janeiro: Ibam. 2001.

NASCIMENTO, A. V. S; MENDONÇA, C. P; ABADIAS, I. M; PAIVA, R. G: Caracterização química e microbiologia de resíduos orgânicos regionais e difusão da técnica de compostagem para o plantio de hortaliças no município de Humaitá, AM.

ONU - Organizações das Nações Unidas. 2022. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. Available from: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf

PARÁ, SERGIS. (2014). Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Pará. Pará. <https://www.semas.pa.gov.br/2016/09/14/plano-estadual-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos/>.

PISANI JR, R. et al. Influence of population, income and electricity consumption on per capita municipal solid waste generation in São Paulo State, Brazil. Journal of Material Cycles and Waste Management, v 20, p 1216- 1227, 2017.

ONU - Organizações das Nações Unidas. 2022. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. Available from: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf

PRIMO, D. C; FADIGAS, F. S; CARVALHO, J. C. R; SCHIMIDT, C. D. S; BORGES FILHO, A. C. S: Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzidos com resíduos de fumo. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.7, p.742–746, 2010.

ROTHENBERGER, S. “Does decentralized composting make economic sense?”. Eawag News, 62, p. 12-14. 2007.

ROTHENBERGER, S.; ZURBRUGG, C.; ENAYETULAH, I.; SINHA, A. H. M. Decentralized composting for cities with low and middle income country: a user’s manual. Bangladesh: Waste Concern, Switzerland: Eawag/Sandec. 2006.

SILVA, A. G: Método de produção de composto orgânico a partir de matéria prima vegetal e animal. Trabalho de conclusão (graduação em tecnologia de cafeicultura). 2008. 25 p. Escola agrotécnica federal de Muzambinho, Muzambinho- MG, 2008.

SLORACH, P. C.; JESWANI, H. K.; CUÉLLAR-FRANCA, R.; AZAPAGIC, A. Environmental sustainability of anaerobic digestion of household food waste. Journal of Environmental Management, v. 236, p.798-814,2019. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.001>

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-Ação. São Paulo: Cortez, 1986
VIONE, E. L. B; SILVA, L. S; FILHO, A. C; AITA, N. T; MORAIS, A. F; SILVA, A. A. K: Caracterização química de compostos e vermicompostos produzidos com casca de arroz e dejetos animais. Rev. Ceres, Viçosa, v. 65, n.1, p. 065-073, jan/fev, 2018.

WORRELL, W.A.; VESILIND, P.A.; LUDWIG, C. Solid waste engineering: a global perspective. 2. ed. Boston: Cengage Learning, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=UsgaCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=solid+waste+engineering+a+global+perspective+william+a.+worrell&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwjQkfTa5MvIAhXbIrKGHQtQAtgQ6AEIKTAA#v=onepage&q=solidwasteengineeringaglobalperspectivewilliam.a.worrell&f=false>. Acesso em: 2 nov. 2019.

Recebido: 17/12/2024

Aprovado: 15/09/2025

DOI: 10.3895/rts.v21n66.19678

Como citar: COSTA, Giordan Cordovil; SOUSA, Romier da Paixão. Resíduos sólidos orgânicos: implantação de um pátio de compostagem descentralizado como alternativa de tratamento no município de Castanhal – PA. *Revista Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, v. 21, n. 66, p. 297-313, seção temática, 2025. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/19678>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

