



Gestión de los residuos sólidos orgánicos en un restaurante universitario

Management of organic solid waste in a university restaurant

Gestão de resíduos sólidos orgânicos em um restaurante universitário

Ana Paula Vieira Candida ¹

Silvia Parreira Tannús ²

José Waldo Martínez Espinosa ³

Resumen

En la búsqueda por el desenvolvimiento sustentable, la metodología Green Metric fue creada por la Universitas Indonesia, con el intuito de evaluar las acciones sustentables realizadas por universidades del mundo todo. Esta metodología evalúa criterios como infraestructura, energía y cambios climáticos, agua, gestión de residuos, sistema de transportes y educación. Fundamentados en este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo proponer mejoría para la gestión de los residuos sólidos orgánicos en un Restaurante Universitario (RU), con base en los criterios e indicadores propuestos por la metodología Green Metric, visto que hay una producción diaria considerable de residuos en este establecimiento, y con el uso de técnicas como la compostaje, ellos pueden ser transformados en abono orgánico, proporcionando un grande ganó ambiental con la disminución del volumen de residuos que son enviados diariamente para los aterros sanitarios. Se analizaron los compostadores portables disponibles en el mercado y posteriormente se realizó un estudio de viabilidad de la implantación de un compostador automático, capaz de transformar los residuos orgánicos en abono en apenas 24 horas. En acuerdo con los métodos cuantitativos de evaluación de investimentos utilizados, el estudio se mostró viable para los dos escenarios analizados.

Palabras-clave: Green Metric; Universidad; Residuos Orgánicos; Compostaje; Compostador.

Abstract

In the quest for sustainable development, the Green Metric methodology was created by Universitas Indonesia in order to evaluate the sustainable actions carried out by universities around the world. This methodology evaluates criteria such as infrastructure, energy and climate change, water, waste management, transport system and education. Based on the criteria and indicators proposed by the Green Metric methodology, this paper aims to propose improvement for the management of organic solid waste in a University Restaurant (UR), since there is a considerable daily production of residues in this establishment, and with the use of techniques such as composting, they can be transformed into organic fertilizer, providing a huge environmental gain by reducing the volume of waste that is sent daily to landfills. The portable composters available on the market were analyzed, and the feasibility study of the implantation of automatic compost was carried out, capable of transforming the organic residues into fertilizer in only 24 hours. According to the quantitative methods of investment assessment used, the study was feasible for the two scenarios analyzed.

Keywords: Green Metric; University; Organic Waste; Composting; Composter.

Cite as: (APA) Candida, A. P. V., Tannús, S. P., & Espinosa, J. W. M. (2021). Gestión de los residuos sólidos orgánicos en un restaurante universitario. *Revista Competitividade e Sustentabilidade*, 8(1), 17-33.

¹ Universidade Federal de Goiás - UFG. Brasil. E-mail: anacandida@hpeautos.com.br

² Universidade Federal de Goiás - UFG. Brasil. E-mail: silviaparreira@yahoo.com.br

³ Universidade Federal de Goiás - UFG. Brasil. E-mail: jowal98@hotmail.com

Resumo

Na busca pelo desenvolvimento sustentável, a metodologia Green Metric foi criada pela Universitas Indonésia, com o objetivo de avaliar as ações sustentáveis realizadas por universidades ao redor do mundo. Essa metodologia avalia critérios como infraestrutura, energia e mudanças climáticas, água, gestão de resíduos, sistema de transporte e educação. Com base neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor melhorias para a gestão de resíduos sólidos orgânicos em um Restaurante Universitário (R U), com base nos critérios e indicadores propostos pela metodologia Green Metric. Visto que existe uma considerável produção diária de resíduos neste estabelecimento, o uso de técnicas como a compostagem pode transformá-los em composto orgânico, proporcionando um grande ganho ambiental ao reduzir o volume de lixo enviado diariamente ao aterro sanitário. Foram analisados os compostadores portáteis disponíveis no mercado e, posteriormente, realizado um estudo de viabilidade para a implantação de uma compostadora automática, capaz de transformar resíduos orgânicos em composto em apenas 24 horas. De acordo com os métodos quantitativos de avaliação de investimentos utilizados, o estudo foi viável para os dois cenários analisados.

Palavras-chave: Green Metric; Universidade; Resíduos Orgânicos; Compostagem.

1 INTRODUCCIÓN

Las Instituciones de Educación Superior (IES) poseen la función de formar ciudadanos conscientes de la importancia de preservar el medio ambiente y capaces de desarrollar acciones sustentables, para que la generación actual pueda tener sus necesidades atendidas, sin comprometer las generaciones futuras. Además de sensibilizar los alumnos, las universidades deben evaluar cuales prácticas sustentables pueden ser incorporadas en sus propias instalaciones.

El UI Green Metric es una metodología creada por la Universitas Indonesia, que tiene como finalidad evaluar las acciones sustentables realizadas por las universidades del mundo todo. Ella evalúa criterios como infraestructura, energía y cambios climáticos, agua, gestión de residuos, sistema de transportes y educación. Las acciones desarrolladas reciben una puntuación numérica y las universidades son clasificadas en un *ranking* de acuerdo con esta puntuación, que refleja los esfuerzos de cada institución en el desarrollo de políticas y programas ecológicos y sustentables (“Criteria & indicators”, 2017).

Los llamados Restaurantes Universitarios (RU) están presentes en las universidades y son responsables por la generación de grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos en la preparación de las comidas. Pero cuando estos residuos orgánicos son descartados de forma inadecuada en el ambiente, los impactos son expresivos, visto que el proceso de descomposición de ellos origina el lixiviado (Roy, Benkaraache, Azaïs, Drogui & Tyagi, 2019; Yang, Meng & Meng, 2019).

Hay técnicas como el compostaje que pueden ser utilizadas para el reciclaje de los residuos orgánicos y así minimizar los daños causados al ambiente. El proceso de compostaje es un método de manejo de desechos biológicos con enfoque plausible en la reutilización de los desechos orgánicos y puede generar productos de valor agregado al transformarlos en abono, por medio de la acción de microorganismos que hacen la descomposición de la materia orgánica (Lin, Xu, Ge & Li, 2018). Los compostadores portables son una buena alternativa para el reaprovechamiento de los residuos orgánicos. Ya hay en el mercado diferentes tipos de compostadores, que pueden ser implementados en residencias, restaurantes, universidades, hospitales, hoteles, etc. Los compostadores automáticos, por ejemplo, consiguen realizar la transformación de los residuos orgánicos en abono en apenas 24 horas (“Composteiras

automáticas:", 2017).

La realización de este trabajo se justifica por la necesidad de reducir los impactos ambientales causados por el descarte inapropiado de los residuos orgánicos. Algunas técnicas como la colecta selectiva y el compostaje merecen atención especial, pues pueden ser fundamentales para la mejora de este escenario de degradación. La aplicación de tales técnicas en el restaurante universitario va a contribuir para el reaprovechamiento del material orgánico y transformación del mismo en un producto sustentable. Además, será posible utilizar la metodología del *Green Metric* como base para la correcta gestión de residuos. El objetivo general de este trabajo es proponer mejoría para la gestión de los residuos sólidos orgánicos en un RU, localizado en una Universidad, teniendo como base el indicador "Tratamiento de residuos orgánicos" propuesto por la metodología *Green Metric* para el criterio "Gestión de Residuos".

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Compostaje

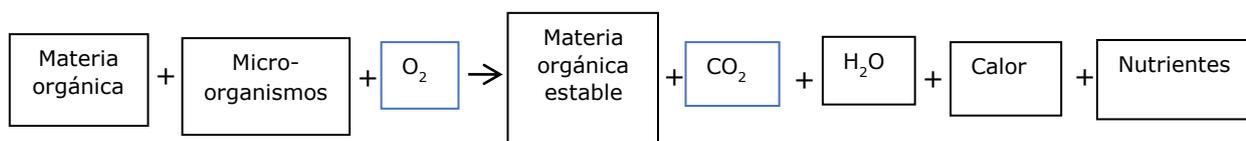
Con el objetivo de reducir o eliminar residuos orgánicos, el proceso de compostaje se ha extendiendo por todo el mundo y es considerado uno de los principales métodos sostenibles para el tratamiento de los residuos orgánicos de los centros urbanos. Este proceso ocurre naturalmente en el ambiente, sin embargo algunas técnicas fueron desarrolladas con el intuito de acelerar el proceso de estabilización de los residuos sólidos orgánicos. El principal problema de los desechos municipales, biológicamente degradables, es la cantidad y composición de los desechos domésticos que pueden tener una influencia importante en los procesos de descomposición. Los compost pueden ser preparados en los compostadores caseros a partir de residuos de alimentos del hogar o de restaurantes. Sin embargo, una vez finalizado el proceso de compostaje, el compost no tiene el componente orgánico suficientemente estabilizado. Según Kucbel et al. (2019), éste posee un alto valor de conductividad eléctrica del lixiviado acuoso que alcanza más de 4 mS/cm y un bajo índice de humificación.

Investigaciones sobre el método de compostaje han enfatizado las formas de acortar el período de compostaje y reducir las emisiones de olores y gases de efecto invernadero - GEI (Lin et al., 2018). El compostaje involucra muchos tipos de microorganismos que construyen ecosistemas microbianos complejos los cuales pueden acelerar la descomposición de la materia orgánica durante la fermentación primaria del compostaje y que permita la estabilización del producto (Nakasaki, Hirai, Mimoto, Quyen, Koyama & Kazuhirota, 2019).

Bidone (2001) afirma que el compostaje es realizado predominantemente por procesos aerobios, que dan origen a un compuesto orgánico estabilizado con características y propiedades bien diferentes de la materia orgánica antes de ser tratada. De esta forma, la temperatura es uno de los principales factores que deben ser controlados, pues ella refleja la eficiencia del proceso de compostaje.

Por otro lado, el compostaje es un método ventajoso para el reciclaje de residuos orgánicos y del cual se puede producir fertilizantes orgánicos (NAKASAKI et al., 2019). Fernandes y Silva (1999) afirman que durante el proceso de compostaje ocurre la liberación de CO₂, nutrientes, calor, agua y la transformación de un sustrato orgánico heterogéneo en una materia orgánica estable. La Figura 1 muestra un esquema simplificado del proceso de compostaje.

Figura 1. Esquema simplificado del proceso de compostaje.



Fuente: Fernandes y Silva (1999) adaptada y traducida por los autores.

El compostaje posee tres fases distintas, en la orden a seguir: fase fitotóxica, fase de bioestabilización (semicura) y fase de maduración o humificación. En la primera fase ocurre el desarrollo de sustancias consideradas tóxicas para las plantas, además de la liberación de calor, CO₂ y vapor de agua. En la segunda fase ocurre la estabilización del compuesto, que a pesar de la ausencia de sustancias tóxicas, aún no presenta las características y propiedades consideradas ideales. Ya en la tercera fase el compuesto alcanza la madurez, o sea, la degradación de la materia orgánica está en la fase final y las propiedades químicas, físicas y biológicas presentan niveles ideales (Kiehl, 2004).

La estructura molecular de cada ítem presente en el compuesto orgánico influye en la rapidez de su descomposición. Los residuos domésticos, por ejemplo, se descomponen con más facilidad debido a su alta concentración de nitrógeno. Ya en los procesos que presentan escasez de nitrógeno, la degradación ocurre lentamente y puede hasta ser interrumpida caso no haya reposición de este elemento (Bidone & Povinelli, 1999).

Los microorganismos aerobios, mesófilos y termófilos participan activamente del proceso de descomposición. Son responsables por la calefacción de las hileras de compostaje, pues liberan calor. El control de la temperatura es de suma importancia, para que temperaturas muy elevadas no comprometan el proceso de estabilización de materia orgánica. Cuando el proceso pierde intensidad, la temperatura del compuesto se iguala a la temperatura ambiente y la mayor parte del material ya se descompuso, originando el producto final, el humus (Bidone & Povinelli, 1999).

El largo período de maduración y la emisión de gases de efecto invernadero son dos problemas principales que surgen durante el compostaje aeróbico, principalmente debido a la baja eficiencia de la transmisión y utilización de O₂ (Tang et al., 2019). Estos investigadores utilizaron un nuevo proceso de compostaje aeróbico asistido por campo eléctrico aplicando un voltaje de corriente continua de 2V a un proceso de compostaje aeróbico convencional y obtuvieron reducción tanto en el tiempo de maduración y GEI de 33% y 70%, respectivamente. Ese trabajo sugiere que el campo eléctrico es una estrategia eficaz y respetuosa con el medio ambiente para mejorar la madurez del compost y mitigar las emisiones de GEI durante el compostaje aeróbico.

Según Bidone (2001) y Pereira Neto (1996), el proceso de compostaje se compone de dos fases distintas: fase de degradación activa y fase de maduración o cura. La fase de degradación activa es considerada termófila, y la temperatura debe permanecer en la banda de 45 a 65°C. Ya la fase de maduración es considerada mesófila, y la temperatura debe permanecer abajo de 45°C, momento en que ocurre la humificación. En las primeras semanas, la temperatura ideal a ser mantenida es de 55°C. El tipo y composición química de la biomasa que se mezclan, pueden afectar la calidad y madurez del compost producido. Según Muscolo, Papalia, Settineri, Mallamaci y Jeske-Kaczanowska (2018), además de esas variables, es necesario configurar la cantidad de oxígeno y la temperatura. Estos investigadores también

proponen que la estabilidad y la calidad de los compost dependen de parámetros multivariados como la fuente de la materia prima, las proporciones utilizadas, el procedimiento de compostaje y el tiempo de maduración, pues diferentes desechos orgánicos, pueden ser químicamente diferentes y, consecuentemente, presentar propiedades fertilizantes diferentes. Con caracterizaciones físicas, químicas y biológicas, evaluaron el grado de madurez, la estabilidad y la calidad de los productos orgánicos obtenidos en las mismas condiciones y tiempo de compostaje y observaron porcentaje similar de reducción de la relación C/N y grado de madurez aceptable.

Los compost provenientes de residuos vegetales verdes fueron los más ricos en nutrientes y con mejor calidad. Además pueden aumentar la reserva de carbono y los parámetros de capacidad de retención de agua que influyen positivamente en la estructura del suelo, y de los compost capaces de aumentar la cantidad de biomasa microbiana del suelo, su actividad y la biodiversidad del suelo, mejorando la fertilidad biológica del suelo (Muscolo et al., 2018).

Algunos factores como materia-prima, contenido de humedad, revolvimiento y la forma geométrica de las pilas de compostaje son importantes y pueden influenciar la temperatura del proceso. En la fase de estabilización, las altas temperaturas son responsables por eliminar organismos patógenos, como larvas de insectos, asegurando la calidad del producto final (Bidone, 2001).

El oxígeno tiene su importancia en el proceso, ya que favorece el metabolismo de los microorganismos. La aeración consiste en revolver las hileras de compostaje manualmente o con el uso de alguna maquinaria y tiene como finalidad suplir la falta de oxígeno en el proceso, además de auxiliar en el control de la temperatura, evitar mal olor y la presencia de animales transmisores de enfermedades (Bidone, 2001). De acuerdo con Pereira Neto (1996), con el revolvimiento de las hileras de compostaje, el calor proveniente de la oxidación de la materia orgánica que estaba retenido hasta entonces, es liberado al ambiente en forma de vapor de agua, trayendo humedad al proceso.

El tamaño de las partículas está asociado al proceso de oxigenación de la masa en descomposición. Si las partículas son muy finas, la compactación del material será mayor, dificultando el proceso de aireación. La incorporación de partículas mayores permitirá la entrada de oxígeno y reducirá la necesidad de revolvimientos de las hileras. Sin embargo, partículas muy grandes necesitarán pasar por un triturador antes del montaje de las pilas de compostaje (Bidone & Povinelli, 1999).

La humedad también es un factor importante en el compostaje, pues debe haber un equilibrio entre la cantidad de agua y aire y el porcentaje ideal de humedad que favorece la acción microbiológica está en torno al 55%. Porcentajes inferiores al 40% son perjudiciales, por reducir la actividad de degradación de los residuos orgánicos. La humedad en exceso (superior al 60%) desencadena la anaerobiosis, que es la acumulación de agua en los espacios vacíos del material (Pereira Neto, 1996).

La relación entre carbono y nitrógeno influye en el desempeño de los microorganismos, y debe estar en equilibrio para el correcto funcionamiento del proceso. El carbono, en este caso, es quien proporciona la energía y el nitrógeno ayuda en el crecimiento celular y en la reproducción. Si hay una gran cantidad de carbono, la velocidad de la descomposición de los materiales utilizados en el compostaje será reducida. Ya un exceso de nitrógeno implicará la volatilización del amoníaco. Por lo tanto, la relación ideal entre carbono y nitrógeno debe ser de 30:1 (Pereira Neto, 1996).

En el inicio del proceso de compostaje ocurre la formación de gas carbónico y ácidos

minerales, lo que provoca la elevación del pH, haciendo más ácida la materia orgánica en descomposición. Luego que estos ácidos minerales se sustituyen por los orgánicos, que reaccionan con las bases de la masa biodegradable, transforman el medio ácido en alcalino (Bidone & Povinelli, 1999).

Como se puede observar, el compostaje aeróbico es una forma efectiva de eliminar los residuos orgánicos. Sin embargo, según Lu, Alam, Luo y Asmatulu (2019), una cantidad considerable de carbono se convierte en CO₂ y se emite a la atmósfera, lo que representa desperdicio del recurso de carbono además de ser un potencial generador de los gases de efecto invernadero. Esos investigadores propusieron e investigaron un enfoque innovador que combina acoplamiento aeróbico de compostaje y el cultivo de *Spirulina platensis*, lo que resulta en una solución de efecto doble, o sea, se puede mitigar los desechos y generar biomasa con un costo mínimo de CO₂ suministrado en el cultivo.

2.2 Análisis de Inversión

Según Assaf Neto (2010), hay dos grandes grupos que clasifican los métodos cuantitativos para el análisis económico de inversión, son ellos: los que no consideran la importancia del dinero en el tiempo y los que evalúan la variación del dinero en el tiempo a través del criterio del flujo de caja descontada. Teniendo en cuenta el rigor conceptual y la relevancia para tomar decisiones a largo plazo, es necesario que se preste especial atención a las premisas del segundo grupo.

Los métodos cuantitativos de evaluación de inversión que se utilizarán en este trabajo, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, son: la Tasa Mínima de Atracción (TMA), los Flujos de Caja, el Valor Presente Líquido (VPL) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), además del Período de *Payback*.

2.2.1 Tasa Mínima de Atracción (TMA)

Antes de hacer cualquier tipo de inversión es común que el inversor analice las ventajas y desventajas a fin de tomar la decisión correcta, pues al invertir en un proyecto otras oportunidades se están dejando de lado. En el caso de grandes empresas o corporaciones, este análisis requiere cálculos precisos y la TMA es una herramienta muy utilizada para medir la rentabilidad de la inversión (Casarotto Filho & Kopittke, 2010).

De acuerdo con Casarotto Filho y Kopittke (2010), para que una propuesta de inversión pueda ser atractiva económicamente, desde el punto de vista empresarial, debe rendir como mínimo la tasa de interés asegurada por el mercado, la cual contiene un bajo riesgo, definida como la TMA.

2.2.2 Flujos de Caja

Según Gitman (2004, p. 308), "los flujos de caja de cualquier proyecto en la forma de una *serie convencional* puede contener tres componentes básicos: (1) una inversión inicial, (2) entradas de efectivo operativo y (3) flujo de caja terminal". El autor todavía aborda que todos los proyectos, sean de ampliación, alteración, reestructuración o con otros propósitos, presentan los dos primeros componentes. Hay otros casos en los que también se aplica el último componente.

2.2.3 Período de *Payback*

El período de *Payback* consiste en la definición del tiempo necesario para que el capital invertido sea recuperado por medio de entradas netas positivas en los flujos de caja,

propiciadas por la inversión (Assaf Neto, 2010). El período de Payback se puede obtener dividiendo el valor de la inversión inicial por la entrada anual de caja (Gitman, 2004).

2.2.4 Valor Presente Líquido (VPL)

Según Gitman (2004), el Valor Presente Líquido (VPL) es calculado a través de la diferencia de la inversión inicial de un proyecto (FC_0) por el valor presente de sus entradas de caja (FC_t), reducidas por una tasa mínima de atractivo (k). Así, este valor puede ser calculado utilizando las ecuaciones (1) y (2):

$$\text{VPL} = \text{Valor presente de las entradas de caja} - \text{Inverso Inicial} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\text{VPL} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0 \quad (\text{Ec. 2})$$

Assaf Neto (2010) afirma que hay tres criterios para analizar la aceptación o rechazo de un proyecto en acuerdo con el VPL obtenido: (1) si el $\text{VPL} > \$ 0$, el proyecto debe ser aceptado; (2) Si $\text{VPL} = \$ 0$, teóricamente, el proyecto es considerado interesante, pues retorna al inversionista exactamente la tasa mínima de atractivo deseada; (3) Si el $\text{VPL} < \$ 0$, el proyecto debe ser rechazado.

2.3.5 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para Gitman (2004), la tasa interna de retorno es la cantidad monetaria que retorna a una determinada empresa debido a la implantación de un proyecto. Esto ocurre si el valor recibido es proporcional al valor previsto para las entradas de caja. La TIR, como se llama la tasa interna de retorno, iguala el VPL de una oportunidad a 0, o sea, iguala las entradas al valor de la inversión inicial. De esta manera, usando las ecuaciones (3) y (4), estos valores pueden ser estimados:

$$\$ 0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0 \quad (\text{Ec. 4})$$

En la toma de decisiones, la TIR también puede influir en la aceptación o rechazo del proyecto. De acuerdo con Gitman (2004), se deben analizar los siguientes criterios: se a $TIR > k$, se debe aceptar el proyecto; se a $TIR < k$, se debe rechazar el proyecto

2.3 UI GREEN METRIC

Según Sturm, Muller y Upasena (2004), la ecoeficiencia consiste en la unión entre gestión empresarial y gestión ambiental, con el objetivo de aumentar la productividad y reducir la utilización de recursos naturales y los impactos ambientales. Es decir, hacer que la economía crezca cualitativamente y no cuantitativamente.

En 2004, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) publicó un manual con los principales indicadores de ecoeficiencia, como el consumo de energía, el consumo de agua, la contribución a las emisiones globales, la contribución al aumento del agujero de la capa de ozono y la gestión de residuos (Sturm et al., 2004). Con base en esta propuesta presentada por la ONU, el *UI Green Metric* fue creado por la Universitas Indonesia en 2010, y es una metodología que evalúa las acciones de sostenibilidad realizadas por las universidades de todo el mundo ("Criteria & indicators", 2017).

Actualmente, una gran parte de la sociedad exige que las empresas tomen medidas

con respecto al desarrollo insostenible que tiende a prevalecer. Investigaciones recientes (Heikkurinen et al., 2019) proponen que las empresas que operan en el nivel micro podrían abordar efectivamente los problemas de sostenibilidad en el nivel macro. Estos investigadores sugieren que las empresas que adopten estrategias extendidas de ecoeficiencia y eco-suficiencia puedan contribuir de manera efectiva a la sostenibilidad aumentando la calidad de la producción (ecoeficiencia) y disminuyendo la cantidad de producción (eco-suficiencia) en sus operaciones con el apoyo de actores no comerciales.

De acuerdo con la ley 9.795/99, las Instituciones de Enseñanza Superior (IES) brasileñas deben trabajar transversalmente el tema sustentabilidad, o sea, ellas deben preparar a sus alumnos para que puedan resolver cuestiones inherentes al desarrollo sostenible y preservación del medio ambiente (“Lei 9.795,” 1999).

El *Green Metric* evalúa criterios como infraestructura, energía y cambio climático, agua, gestión de residuos, sistema de transporte y educación. Los indicadores de ecoeficiencia relacionados con cada criterio se muestran en el Cuadro 1 (“Criteria & indicators”, 2017). Las universidades pueden realizar el registro de sus actividades en el *UI Green Metric*, que divulga anualmente un *ranking* de las IES que poseen el mayor número de acciones socios ambientales. Hay 8 universidades brasileñas en el ranking, siendo la Universidad Federal de Lavras la mejor colocada (“Criteria & indicators”, 2017).

Cuadro 1. Criterios e indicadores evaluados por el Green Metric.

Criterios	Indicadores
Infraestructura	Tipo de institución de enseñanza superior Número de campus Área total del campus (m ²) Área de planta baja total de edificios (m ²) Número de estudiantes Número de docentes y colaboradores administrativos Porcentaje de área en el campus cubierto de vegetación en forma de bosque Porcentaje de área en el campus cubierto de vegetación plantada Porcentaje de presupuesto universitario para el esfuerzo de sostenibilidad
Energía	Uso de aparatos eficientes en energía Recursos energéticos renovables Uso de electricidad al año (kWh total) Programa de conservación de energía Elementos de construcción verde
Agua	Programa de conservación de agua Agua potable
Gestión de Residuos	Programa de reciclado de residuos Reciclaje de residuos tóxicos Tratamiento de residuos orgánicos Tratamiento de residuos inorgánicos Colector de alcantarillas Política para reducir el uso de papel y plástico del campus
Sistema de transportes	Número de vehículos de propiedad de IES Número de coches que entran en la IES Número de bicicletas que se encuentran en el campus por día Política de transporte diseñada para limitar el número de vehículos de motor utilizados en el campus Política de transporte destinada a limitar o disminuir el área de estacionamiento en el campus Autobús del campus Política de peatones y de bicicleta en el campus
Educación	Número de cursos relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad ofrecidos Número total de cursos ofrecidos Recursos de investigación dedicados a la investigación sobre el medio ambiente y la sostenibilidad Los recursos totales de investigación Número de publicaciones académicas sobre el medio ambiente y la sostenibilidad publicadas

	Número de eventos académicos relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad Número de organizaciones estudiantiles relacionadas con el medio ambiente y la sostenibilidad Existencia de un sitio de sostenibilidad de la universidad
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: adaptado de "Criteria & indicators" (2017).

3 MATERIALES Y MÉTODO

Este trabajo tiene un enfoque cuantitativo, por su objetividad en la recolección y análisis de los datos. En cuanto a su naturaleza, es una investigación aplicada con la intención de solucionar problemas específicos. Es también una investigación exploratoria, que fue realizada con base en dos procedimientos metodológicos: Investigación Bibliográfica y Estudio de Caso. La investigación bibliográfica fue elaborada con base en libros y artículos, y el estudio de caso fue utilizado para el análisis del comportamiento del sector escogido (Gil, 2009).

Después de la definición de los objetivos, se establecieron las etapas necesarias para la ejecución de este trabajo: (i) Definición del tema; (ii) Investigación bibliográfica sobre compostaje; (iii) Definición del sector a ser estudiado; (iv) Visita al lugar elegido; (v) Recolección de datos y realización de entrevista con el responsable del local; (vi) Investigación sobre compostadores portátiles; (vii) Análisis de viabilidad económica de la implantación de los compostadores.

En la etapa (i) el tema compostaje fue escogido debido a la creciente búsqueda de la sociedad por técnicas que permitan reducir los impactos ambientales causados por el descarte inadecuado de los residuos orgánicos. En la etapa (ii), se realizó una investigación bibliográfica sobre compostaje en libros, artículos y sitios especializados.

En la etapa (iii), se definió el sector a ser estudiado, específicamente el Restaurante Universitario de una Universidad Federal, que atiende en promedio a 1.350 clientes por día. En la etapa (iv), ocurrió el primer contacto con los responsables del restaurante para la presentación del trabajo.

En la etapa (v) se realizaron la recolección de datos, entre los días 26/02/2018 y 09/03/2018, y la entrevista con la nutricionista del local, que abordó las siguientes cuestiones:

- 1) El restaurante realiza la separación entre los residuos orgánicos y los demás tipos de residuos?
- 2)Cuál es la generación diaria de residuos orgánicos?
- 3)Cuál es el destino de los residuos orgánicos producidos?
- 4) En su opinión, ¿este es el destino más adecuado para los residuos orgánicos?
- 5) Existe algún obstáculo para realizar la separación de los residuos orgánicos?
- 6) En promedio, ¿cuántos clientes utilizan los servicios del restaurante diariamente?
- 7) Ustedes tienen conocimiento acerca de la práctica del compostaje?
- 8) El restaurante tendría interés en tratar los propios residuos producidos por medio de técnicas como el compostaje?

En la etapa (vi), se investigó informaciones sobre compostadores portátiles disponibles en el mercado, como costo, funcionamiento, capacidad, consumo de energía eléctrica, entre otras. En la etapa (vii) se realizó el análisis de viabilidad económica para la implantación de los compostadores, utilizando dos escenarios distintos (A y B) y algunos métodos cuantitativos como: Tasa Mínima de Atractivo (TMA), Valor Presente Líquido (VPL) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Durante el contacto con los responsables del Restaurante Universitario (RU), la propuesta de este trabajo fue presentada, y la entrevista mencionada en la Metodología fue realizada. Las respuestas obtenidas durante la entrevista con la nutricionista están disponibles al final de este artículo.

Con las respuestas obtenidas, se observó que los responsables del RU no poseen mucho conocimiento sobre la técnica del compostaje. Sin embargo, son eficientes en la separación de los residuos orgánicos generados durante la preparación de las comidas en la cocina. Además, se realiza un control de la cantidad de residuos que se generan diariamente.

Se constató también que los residuos orgánicos son debidamente separados y donados a un productor rural, diariamente, para la alimentación de sus animales. Después del análisis de las respuestas obtenidas en la entrevista, se realizó el pesaje de los residuos producidos en el restaurante entre los días 26/02/18 y 09/03/18, en los dos turnos (almuerzo y cena), como consta en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Peso de los residuos orgánicos (26/02/18 a 02/03/18).

Turno	Residuos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Almuerzo	Colector (kg)	75,00	91,20	44,00	49,00	32,50
	Ensalada (kg)	9,30	11,00	14,00	16,00	19,00
	Otros (kg)	27,00	16,75	21,00	29,00	35,10
Cena	Colector (kg)	46,05	45,35	40,75	35,10	42,65
	Ensalada (kg)	16,45	21,90	20,10	27,15	2,50
	Otros (kg)	27,20	43,30	39,00	38,60	33,70
Total		201,00	229,50	178,85	194,85	165,45

Fuente: Datos de la investigación.

Tabla 2. Peso de los residuos orgánicos (05/03/18 a 09/03/18).

Turno	Residuos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Almuerzo	Colector (kg)	29,30	48,35	87,90	51,00	40,00
	Ensalada (kg)	7,20	13,80	8,50	19,8	9,85
	Otros (kg)	23,80	14,30	22,35	14,60	23,00
Cena	Colector (kg)	23,50	39,50	16,70	40,00	43,50
	Ensalada (kg)	-	25,40	23,20	17,90	13,25
	Otros (kg)	32,80	29,95	32,10	41,00	41,10
Total		116,60	171,30	190,75	184,30	170,70

Fuente: Datos de la investigación

En las tablas 1 y 2, en la segunda columna, figuran los tipos de residuos. Se tiene el colector, que almacena los residuos orgánicos depositados por los alumnos después de las comidas, los residuos provenientes de la preparación de las ensaladas y los otros residuos orgánicos generados en la preparación de las comidas. Después de análisis de los datos recolectados, se observó que en la primera semana la producción media diaria de residuos orgánicos fue de 193,93 kg. Ya en la segunda semana, la producción media diaria fue de 166,73 kg. De acuerdo con la nutricionista, el restaurante atiende un promedio de 1350 clientes al día.

Con base en esas cantidades, se realizó una investigación de compostadores portátiles que podrían atender las necesidades del restaurante universitario y fueran capaces de transformar toda o gran parte de los residuos generados en abono, contribuyendo al "Tratamiento de los residuos orgánicos", que es uno de los indicadores del criterio "Gestión de residuos", propuesto por la metodología *Green Metric*.

4.1 Compostador automático

Se analizaron dos compostadores automáticos, un con capacidad para tratar hasta 125 kg de residuos por día, y otro con capacidad para tratar 300 kg/día. Considerando el pesaje de los residuos realizada en el RU, entre los días 26/02/18 y 09/03/18, se tiene que la producción media diaria de residuos es de 180 kg. Por lo tanto, el compostador con capacidad de 125 kg/día fue elegido, ya que la otra máquina quedaría con capacidad ociosa. Los compostadores automáticos poseen tecnología que realiza el proceso de compostaje *"in loco"*, transformando restos de alimentos en un compuesto orgánico que puede ser utilizado como abono para huertas, jardines y áreas verdes (*"Composteiras automáticas:"*, 2017).

El equipo es capaz de reducir la masa de residuos orgánicos hasta 80%, es decir, 100 kg de residuos orgánicos tendrán su masa reducida, dando origen a 20 kg de compuesto orgánico. En los compostadores automáticos, los microorganismos son capaces de disminuir el tiempo de duración del proceso de compostaje para apenas 24 horas. El proceso natural tiene una duración de 6 a 8 semanas (*"Composteiras automáticas:"*, 2017).

El Compostador GG-50s (Figura 2) es comercializado por Trasix Soluciones Ambientales, una empresa de gestión ambiental que tiene como objetivo buscar soluciones para el descarte de residuos. Tiene capacidad para tratar hasta 125 kg de residuos por día, y su valor de venta es de US\$ 39.500,00. Esta información fue obtenida por medio de presupuesto solicitado a la empresa responsable.

Figura 2. Compostador automático GG-50s.



Fonte: *"Composteiras automáticas:"* (2017).

Los compostadores automáticos de Trasix pueden recibir todos los tipos de alimentos (cocidos o crudos), incluso carnes, y su funcionamiento es continuo. Los únicos subproductos generados por el equipo son el compuesto orgánico y vapor de agua; no ocurre la generación de lixiviado y tampoco hay necesidad de conexión con la red de desagüe. El proceso es completamente aislado, ocurriendo dentro del compostador (*"Composteiras automáticas:"*, 2017).

De acuerdo con *"Composteiras automáticas:"* (2017), el equipo es de fácil instalación y manejo, y puede ser colocado en cualquier lugar cubierto. Por ser todo cerrado, no emite olores y tampoco atrae insectos. Además, la utilización del compostador proporciona varios beneficios, como la reducción de la cantidad de residuos que se destinarían a los vertederos y los deshechos, la reducción de la emisión de gases contaminantes como el metano, la mejora de las características del suelo con la utilización del compuesto orgánico producido, entre otros. A pesar de todas las ventajas citadas sobre el compostador automático, su valor de

venta es bastante expresivo, además del alto consumo de energía eléctrica, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Datos del compostador automático.

Capacidad (kg/día)	125
Dimensiones de la máquina (CxLxA) (m)	2,15 x 1,06 x 1,35
Peso de la máquina (kg)	660
Dimensiones del desodorizador (CxLxA) (m)	0,51 x 0,80 x 1,30
Peso del desodorizador (kg)	130
Consumo de energía (kWh/mês)	1650
Voltage	Trifásico 200-480V, 50/60Hz

Fuente: Adaptado de Trasix (2017)

Después de análisis de los compostadores, se realizó en este trabajo el análisis de viabilidad para el compostador automático, conforme tópico 4.2.

4.2 Análisis de viabilidad para el compostador automático

4.2.1 Valor de la inversión y da tasa mínima de atractivo

El valor de la inversión a ser gastado para realización del proyecto fue informado por el representante de la empresa responsable de la comercialización del producto, correspondiendo a US\$ 39.500,00. Considerando que US\$ 1,00 equivale a R\$ 3,60, se tiene que el valor del compostador, después de la conversión, corresponde a R\$ 142.200,00. La TMA se estableció sobre la base de la Selic (Sistema Especial de Liquidación y de Custodia), que es la tasa básica utilizada en operaciones entre bancos e influye en los intereses de toda la economía del Brasil. La tasa se estableció en el 6,5% al año. Los valores del dólar y de la Selic fueron consultados el 8 de mayo de 2018.

4.2.2 Costes y gastos

El costo más significativo que el proyecto genera para la universidad se refiere a la energía eléctrica consumida durante el proceso de compostaje. Considerando que el compostador consume 1650 kWh/mes, y que la tarifa de energía eléctrica en el estado en que el restaurante está localizado equivale a 0,420 R\$/kWh, el costo mensual con electricidad corresponde a R\$ 693,00. De acuerdo con el calendario académico, el restaurante universitario funciona durante 8 meses al año, o sea, el costo anual con electricidad es de R\$ 5.544,00.

De acuerdo con el presupuesto solicitado para la empresa responsable de la comercialización del compostador automático, ella también proporciona servicios de mantenimiento correctivo y preventivo, con un costo anual de R\$ 1.700,00. Este valor incluye una visita mensual del técnico para la realización del mantenimiento.

Considerando la capacidad del compostador de tratar 125 kg de residuos por día y que reduce el volumen de residuos en un 80%, se producirán alrededor de 25 kg de abono orgánico diariamente. Como el RU funciona durante 8 meses al año y 5 días a la semana, se tiene una producción de 125 kg/semana o 500 kg/mes o 4.000 kg/año. Considerando la media de los precios practicados en 2018, si cada kg de abono es comercializado por R\$ 9,90, se tiene un ingreso anual de R\$ 39.600,00. Este precio de comercialización de R\$ 9,90 fue definido con base en los precios de los abonos orgánicos ya existentes en el mercado.

4.2.3 Construcción del flujo de caja

A partir de la recolección de los datos esenciales, como costo de adquisición (inversión), consumo de energía y costo de mantenimiento, fue posible realizar la construcción del flujo de caja referente al proyecto de implementación del compostador automático y analizar las entradas y salidas de recursos financieros.

Para el Escenario A presentado en la Tabla 3, se consideró la inversión inicial para adquisición del compostador (R\$ 142.200,00), los ingresos anuales con la comercialización del fertilizante producido (R\$ 39.600,00), los costos con energía eléctrica (R\$ 5.544,00) y el costo de mantenimiento (R\$ 1.700,00), y se obtuvo un retorno neto anual de R\$ 32.356,00.

Tabla 3. Flujo de caja del compostador automática (Cenario A)

Flujo de caja	Receta (abono orgánico (R\$))	Gasto con energía (R\$)	Costo de mantenimiento (R\$)	Inversión (compostador) (R\$)	Saldo operacional (R\$)	Saldo total (R\$)
Inversión				142200,00	-142200,00	-142200,00
Año 1	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-109844,00
Año 2	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-77488,00
Año 3	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-45132,00
Año 4	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-12776,00
Año 5	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	19580,00
Año 6	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	51936,00
Año 7	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	84292,00
Año 8	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	116648,00
Año 9	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	149004,00
Año 10	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	149004,00

Fuente: Datos de la investigación.

4.2.4 Cálculo del período de Payback

Como se ha introducido anteriormente, el período de *payback* es el valor inicial gastado en la inversión sobre las entradas netas positivas. El valor total del compostador automático fue de R\$ 142.200,00 y el retorno neto anual fue de R\$ 32.356,00 (R\$ 39.600,00 - R\$ 5.544,00 - R\$ 1.700,00). Con base en estos valores, y utilizando la ecuación (5), fue posible realizar el cálculo del tiempo de amortización de la inversión. La empresa llevará un tiempo de aproximadamente 4,4 años para liquidar la inversión inicial realizada.

4.2.5 Cálculo del Valor Presente Líquido (VPL)

En el análisis del Valor Presente Líquido (VPL) se consideró la tasa básica de interés de la economía, la Selic, que se estableció en el 6,5% al año. El cálculo del VPL fue realizado con la ayuda del *software* Microsoft Excel®, considerando un horizonte de 10 años estipulado arbitrariamente, la Tasa Mínima de Atractivo (TMA). El valor neto positivo de R\$ 90.401,79 indica que el restaurante obtendrá retorno superior al valor invertido en el compostador.

4.2.6 Cálculo da Tasa Interna de Retorno (TIR)

Con la ayuda del *software* Microsoft Excel®, fue posible calcular la tasa interna de retorno, un factor de decisión primordial que define si un proyecto debe ser aceptado. El valor encontrado de TIR = 19% a.a. propone que el capital invertido en el compostador (R\$ 142.200,00) rinde a una tasa de interés compuesto del 19% a.a. durante el período considerado de 10 años.

Una de las formas de validar si la inversión será rentable o no para el restaurante es confrontando la TIR con la tasa mínima de atracción (TMA). La TMA está asociada al bajo riesgo, en la cual el inversor tiene una mayor confianza en relación al retorno del capital gastado.

Para una mayor seguridad en el análisis de la adquisición del compostador, la TMA adoptada fue la tasa Selic. En comparación con la tasa interna de retorno de la inversión (19% a. a.) con la tasa Selic (6,5% a. a.), se constató que la TIR es casi tres veces mayor que la TMA, lo que infiere que la inversión es viable según este factor de decisión.

4.3 Análisis de un según escenario

La turbulencia en el escenario internacional, el llamado "efecto Trump", ha preocupado a los gobernantes de los países emergentes como Brasil. La moneda brasileña sufrió constantes devaluaciones en el primer semestre de 2018, debido al aumento de la tasa de interés que ocurrió en Estados Unidos. Es decir, los rendimientos de los títulos estadounidenses se hicieron más atractivos para los inversores, y el crecimiento del flujo de capitales introducidos en el país fortaleció el dólar (British Broadcasting Corporation [BBC], 2018). La devaluación del real frente al dólar, además de presionar la inflación, también aumenta los precios de los productos y servicios importados. Así, el Banco Central necesita intervenir y realizar cambios en la Selic para controlar la inflación (BBC, 2018).

En vista de tantas incertidumbres, fue necesario crear un nuevo escenario, llamado Escenario B, con el fin de evaluar si la inversión seguiría siendo viable, como se muestra en el escenario A, incluso con la elevación de la tasa de interés y del dólar. Por lo tanto, se estableció que la tasa Selic, o Tasa Mínima de Atractividad (TMA), es del 8% al año, y el valor del dólar es de R\$ 4,00.

Tabla 4. Flujo de caja del compostador automático (Cenarrio B)

Flujo de caja	Receta (abono orgánico (R\$))	Gaston con energía (R\$)	Costo de mantenimiento (R\$)	Inversión (compostador) (R\$)	Saldo operacional (R\$)	Saldo total (R\$)
Inversión				158000,00	-158000,00	-158000,00
Año 1	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-125644,00
Año 2	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-93288,00
Año 3	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-60932,00
Año 4	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	-28576,00
Año 5	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	3780,00
Año 6	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	36136,00
Año 7	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	68492,00
Año 8	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	100848,00
Año 9	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	133204,00
Año 10	39600,00	5544,00	1700,00		32356,00	133204,00

Fuente: Datos de la investigación.

De acuerdo con el flujo de caja demostrado en la Tabla 4, el costo de adquisición del compostador, que antes era R\$ 142.200,00, ahora es de R\$ 158.000,00. Los valores de los ingresos procedentes de la venta del abono producido, los costos de energía eléctrica y mantenimiento, y el retorno neto anual, se mantuvieron igual.

Después de los cálculos realizados con la ayuda del *software* Microsoft Excel®, el nuevo valor del VPL es de R\$ 59.111,09, o sea, incluso con el aumento de la tasa Selic, el retorno aún

será superior a la inversión inicial. Se observó también que el nuevo valor de la TIR (16%) sigue siendo mayor que el nuevo valor de la TMA (8%), lo que significa que la inversión sigue siendo viable incluso con los cambios realizados como puede observarse en el cuadro 3.

Cuadro 5. Resumen de los cenarios A e B.

	Cenario A	Cenario B
Valor de la inversión (R\$)	142200,00	158000,00
Valor del dólar (R\$)	3,60	4,00
VPL (R\$)	90401,79	59111,39
TIR (%)	19,00	16,00
TMA (Selic) (%)	6,50	8,00
Payback (Años)	4,39	4,88
Precio de venta del abono (R\$/kg)	9,90	9,90

Fuente: Datos de la investigación.

5 CONCLUSIONES

Así, fue posible complementar este trabajo con el análisis de viabilidad de los escenarios A y B, y ambas inversiones se mostraron económicamente atractivas. Es importante destacar que, aunque el desembolso de capital inicial ha sido alto, la inversión en cuestión acarreará un buen rendimiento financiero en el horizonte a medio plazo. De acuerdo con los resultados encontrados con la ayuda del *Software Excel*[®], fue posible medir la Tasa Interna de Retorno (TIR) y compararla con la TMA, establecida con base en la tasa Selic, lo que reveló que la inversión es viable, visto que la TIR se mostró superior a la TMA en los dos escenarios.

De acuerdo con el pesaje de los residuos realiza en el RU, se producen anualmente alrededor de 28.800 kg de residuos orgánicos, y con la utilización del compostador automático analizada, es posible hacer el reaprovechamiento de 20.000 kg de residuos.

El principal aporte de este estudio fue demostrar que la universidad puede disponer correctamente de los residuos sólidos. El compost orgánico generado puede ser utilizado por la universidad o distribuido a la comunidad y este es el inicio del desarrollo de acciones de responsabilidad ambiental, en línea con la propuesta del Green Metric.

La cantidad de residuos generados en el momento del estudio, no permitió la adopción de otras formas de transformación menos intensivas en energía. Sin embargo, la apertura de nuevos cursos en la universidad aumenta la producción del RU y requiere nuevas evaluaciones para la gestión de los residuos del restaurante universitario.

REFERENCIAS

- Assaf, A., Neto. (2010). *Finanças corporativas e valor* (5. ed.). São Paulo, SP: Atlas.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A. & Moral, R. (2009). Manure composting and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453.
- Bidone, F. R. A. (2001). *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Reciclagem e disposição final*. Rio de Janeiro, RJ: RIMA.
- Bidone, F. R. A. & Povinelli, J. (1999). *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos, SP:

EESC/USP.

- British Broadcasting Corporation. (2018). *Após dois anos, dólar volta a se aproximar de R\$ 4*. Recuperado de <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44407849>.
- Casarotto, N., Filho & Kopittke, B. H. (2010). *Análise de investimentos: Matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial* (11. ed.). São Paulo, SP: Atlas.
- Composteira doméstica Humi G*. (2017). Recuperado de <https://www.ecycle.eco.br/composteira-domestica-humi-g.html>.
- Composteiras automáticas: GG-50s*. (2017). Recuperado de <http://www.trasix.com.br/gg50s.html>.
- Criteria & indicators*. (2017). Retrieved from <http://greenmetric.ui.ac.id/criterion-indicator/>.
- Fernandes, F. & Silva, S. M. C. P. da. (1999). *Manual prático para a compostagem de biosólidos*. Londrina, PR: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB).
- Gil, A. C. (2009). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4. ed.). São Paulo, SP: Atlas.
- Gitman, L. J. (2004). *Princípios de administração financeira* (10. ed.). São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley.
- Heikkurinen, P., Young, C. W. & Morgan, E. (2019). Business for sustainable change: Extending eco-efficiency and eco-sufficiency strategies to consumers. *Journal of Cleaner Production*, *218*, 656-664.
- Kiehl, E. J. (2004). *Manual de compostagem: Maturação e qualidade do composto* (4. ed.). Piracicaba, SP: Degaspari.
- Kucbel, M., Raclaská, H., Růžičková, J., Švédová, B., Sassmanová, V., Drozdová, J., ... Juchelková, D. (2019). Properties of composts from household food waste produced in automatic composters. *Journal of Environmental Management*, *236*, 657-666.
- Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. (1999). Brasil. Recuperado de <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/DOU/1999/04/28>.
- Lin, L., Xu, F., Ge, X. & Li, Y. (2018). Improving the sustainability of organic waste management practices in the food-energy-water nexus: A comparative review of anaerobic digestion and composting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *89*, 151-167.
- Lu, W., Alam, M. A., Luo, W. & Asmatulu, E. (2019). Integrating *Spirulina platensis* cultivation and aerobic composting exhaust for carbon mitigation and biomass production. *Bioresource Technology*, *271*, 59-65.
- Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C. & Jeske-Kaczanowska, A. (2018). Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties. *Journal of Cleaner Production*, *195*, 93-101.
- Nakasaki, K., Hirai, H., Mimoto, H., Quyen, T. N. M., Koyama, M. & Kazuhiro-takeda, K. (2019). Succession of microbial community during vigorous organic matter degradation in the primary fermentation stage of food waste composting. *Science of The Total Environment*, *671*, 1237-1242.
- Pereira, J. T., Neto. (1996). *Manual de compostagem*. Belo Horizonte, MG: UNICEF.
- Roy, D., Benkaraache, S., Azaïs, A., Drogui, P. & Tyagi, R. D. (2019). Leachate treatment:

Assessment of the systemic changes in the composition and biodegradability of leachates originating in an open co-composting facility in Canada. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(3), 103056.

Sturm, A., Muller, K. & Upasena, S. (2004). *A manual for the preparers and users of eco-efficiency indicators: Version 1.1*. Retrieved from http://www.unctad.org/en/docs/iteipc20037_en.pdf.

Tang, J., Li, X., Zhao, W., Wang, Y., Cui, P., Zeng, R., ... Zhou, S. (2019). Electric field induces electron flow to simultaneously enhance the maturity of aerobic composting and mitigate greenhouse gas emissions. *Bioresource Technology*, 279, 234-242.

Yang, X., Meng, L. & Meng, F. (2019). Combination of self-organizing map and parallel factor analysis to characterize the evolution of fluorescent dissolved organic matter in a full-scale landfill leachate treatment plant. *Science of the Total Environment*, 654, 1187-1195.