

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XXV

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Adilson Tadeu Basquerote

Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

25ª ed.

Goiâna-GO
Editora Conhecimento Livre

Copyright© 2026 por Editora Conhecimento Livre

25ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Basquerote, Adilson Tadeu
B142B Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

/ Adilson Tadeu Basquerote. – Goiânia-GO

Editora Conhecimento Livre, 2026

175 f.: il
DOI: 10.37423/2026.edcl1301
ISBN: 978-65-5367-794-4
Modo de acesso: World Wide Web
Incluir Bibliografia

1. agricultura 2. sustentabilidade 3. pecuária I. Basquerote, Adilson Tadeu II. Título

CDU: 577

https://doi.org/10.37423/2026.edcl1301

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Conselho Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

Dr. Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

Dra. Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

Editora Conhecimento Livre
Goiânia-GO
2026

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 6
PRÁCTICAS DE PERMACULTURA URBANA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE REMEDIOS, CUBA
María del Carmen Ramos Morales
Mélany Álvarez Dorta
Ana María Garteiz Castellón
Shirley Luray Thompson Llorente
Adilson Tadeu Basquerote
DOI 10.37423/260510985

CAPÍTULO 2 24
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS
Pâmella Raphaella Alphonsus Machado de Paiva Rodrigues Melo
Carlos Roberto Alves dos Santos
Nora Katia Saavedra del Aguila Hoffmann
DOI 10.37423/260510999

CAPÍTULO 3 48
PRESSÃO URBANÍSTICA E RESPOSTAS LIMNOLÓGICAS: EUTROFIZAÇÃO E ESTRUTURA FITOPLANCTÔNICA DO LAGO VACA BRAVA (GOIÂNIA, GO)
Thalita Chelly de Araujo Maranha
Nora Katia Saavedra Hoffman
DOI 10.37423/260511002

CAPÍTULO 4 62
MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL PARA A AGRICULTURA FAMILIAR
Antonio Gilson Gomes Mesquita
DOI 10.37423/260511003

CAPÍTULO 5 71
POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM UNIDADE DE CLASSIFICAÇÃO/SELEÇÃO DE RSU ORIUNDO DE COLETA SELETIVA
Alexandra Alf Gallon
Darcione Spolaor
Grace Kelly VierFenner
Kely Cristina Gambin
Marli Terezinha Pereira Lago
Aline Raquel Muller Tones
Alcione Aparecida de Almeida Alves
DOI 10.37423/260511011

CAPÍTULO 6 85
POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS DE SANEAMENTO BÁSICO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM PROPRIEDADE RURAL COM AGRICULTURA ORGÂNICA CERTIFICADA
Grace kelly vier fenner
Alexandra Alf Gallon
Darcione Spolaor
Kely Cristina Gambin
Marli Terezinha Pereira Lago
Alcione Aparecida de Almeida Alves
Aline Raquel Muller Tones
DOI 10.37423/260511012

CAPÍTULO 7 99
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL - UCPI
Daniel Buchholz
Ana Paula Jung
Eduardo Daniel Schneider
Géssica Kupski
Karine Samara Boz Chrischum
Alcione Aparecida de Almeida Alves
DOI 10.37423/260511015

CAPÍTULO 8 114
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS
Amanda Mendonça Azambuja
Mariane Boesch Lino de Lima
Richard Vinicius Santana da Silva
Alcione Aparecida de Almeida Alves
DOI 10.37423/260511016

CAPÍTULO 9 128
SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DE REABILITAÇÃO E COMPARATIVO DE CUSTOS DE EDIFÍCIOS VERTICAIS DE CONCRETO ARMADO PARA USO HABITACIONAL – SARC
Luiz Gustavo Zuliani da Silva
Andrea Parisi Kern
Mauricio Mancio
João Carlos Gonçalves Lanzinha
Luiz Maurício Furtado Maués
DOI 10.37423/260611020

CAPÍTULO 10 150
MICROPROPAGATION OF EUPHORBIA TIRUCALLI L.: CHEMICAL CHARACTERIZATION OF LATEX AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT UNDER DIFFERENT CULTIVATION CONDITIONS
Marcia Cristina Braga Nunes Varricchio
Nicole Delaunay de Souza
Sandra Ávila Gaspar
Flávio Augusto de Freitas
Paulo Sérgio Torres Brioso
Simone da Silva
Morgana Teixeira Lima Castelo Branco
Alexandre dos Santos Pyrrho
Ricardo Machado Kuster
Celso Luiz Salgueiro Lage
DOI 10.37423/260611031

SUMÁRIO

Capítulo 1

10.37423/260510985

PRÁCTICAS DE PERMACULTURA URBANA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE REMEDIOS, CUBA

María del Carmen Ramos Morales — *Centro Universitario de Remedios*

Mélany Álvarez Dorta — *Centro Universitario de Remedios*

Ana María Garteiz Castellón — *Oficina del Conservador*

Shirley Luray Thompson Llorente — *Oficina del Conservador*

Adilson Tadeu Basquerote — *Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí*

RESUMEN

La permacultura es una respuesta creativa de diseño a un mundo donde la disponibilidad de energía y recursos disminuye, engloba los principios universales necesarios para preservar el medio ambiente y asegurar su sostenibilidad. Es toda una filosofía de vida que se basa en la observación de la naturaleza y en la imitación del funcionamiento de los ecosistemas. Tiene como objetivo cubrir las necesidades del presente sin poner en peligro el futuro. Desde el punto de vista de la gestión medioambiental existe una Cartera de Proyectos en la Oficina del Conservador de la ciudad encaminados a educar a la población en el contexto ambiental y a la conservación, rescate y desarrollo de los elementos y atractivos que contribuyen al logro de un impacto satisfactorio y transformador del Centro Histórico Urbano. A pesar de los esfuerzos que se han realizado las acciones que se realizan, desde la dimensión medioambiental no son suficientes, lo cual no propicia la explotación del patrimonio natural del Centro Histórico en toda su magnitud. El objetivo de este trabajo es proponer un plan de acciones desde la gestión medioambiental para lograr prácticas de permacultura urbana en el Centro Histórico de Remedios.

Palabras clave: permacultura; medioambiente; sostenibilidad; Centro Histórico.

1 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la referencia al medio ambiente alude a: desarrollo, peligro y responsabilidad. Constantemente la humanidad pone en riesgo la vida en el planeta con las acciones perjudiciales que desarrolla el hombre en su contra. El actual grado de deterioro del ambiente está determinado por las formas de producción y consumo del mundo contemporáneo.

Cuba no está ajena a los impactos de las crisis globales y de su propia problemática ambiental. La degradación de los suelos, las afectaciones a la cobertura forestal, la contaminación, la pérdida de la diversidad biológica y el deterioro de los bienes y servicios ecosistémicos, además de las carencias y dificultades con el manejo, disponibilidad y calidad del agua, los efectos negativos del cambio climático y el deterioro cada vez mayor de las condiciones higiénico-sanitarias en los asentamientos humanos, son problemas urgentes que requieren soluciones integrales y acciones coordinadas de todos los actores sociales.

La permacultura es una respuesta creativa de diseño a un mundo donde la disponibilidad de energía y recursos disminuye, engloba los principios universales necesarios para preservar el medio ambiente y asegurar su sostenibilidad. Es toda una filosofía de vida que se basa en la observación de la naturaleza y en la imitación del funcionamiento de los ecosistemas. Tiene como objetivo cubrir las necesidades del presente sin poner en peligro el futuro. Constituye un sistema proyectado sostenible que integra armónicamente la vivienda y el paisaje, ahorrando materiales y produciendo menos desechos, a la vez que se conservan los recursos naturales.

Este modo de vida se practica en varios lugares del planeta para satisfacer las necesidades de los seres humanos respetando la naturaleza y el intercambio equitativo de lo que esta brinda. Tiene como pilares fundamentales la producción de alimentos, el suministro de recursos, la producción de energías renovables y la organización social. Aunque es uno de los pilares de la agricultura, esta va más allá de las técnicas de cultivo de alimentos, debido a que repercute en los distintos ámbitos de la sociedad como la economía, la arquitectura, los procesos productivos, el bienestar físico y emocional, la educación y la cultura.

La permacultura llegó a Cuba en el año 1993, a través de la brigada de solidaridad Cruz del Sur, procedente de Australia y Nueva Zelanda. Su promoción es acogida por la Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre (FANJNH) a finales de 1994, que logró que gran cantidad de agricultores hoy cultiven y vivan bajo los parámetros de cooperación, reciclaje y no agresión a la

naturaleza. La fundación articula en el país una red de desarrollo de permacultura a través de cursos y encuentros de intercambios. Su práctica alcanza notabilidad en Baracoa, Santiago de Cuba, Sancti Spíritus, Matanzas y La Habana.

La sociedad cubana precisa de estas acciones para reducir el gasto de energía y ampliar la disponibilidad de productos alimenticios, el tratamiento de los suelos y el uso racional del agua. Además de el uso técnicas de reciclaje como el compost y los baños secos que garantizan alimentos óptimos y saludables. Su práctica añade beneficios personales para quienes la practican porque experimentan las ventajas de la cercanía a la naturaleza, que provee mientras se respeten sus recursos.

La permacultura en áreas urbanas se ha convertido en un enfoque innovador y sostenible para convertir espacios urbanos en entornos más resilientes, ecológicos y autosuficientes. Busca crear sistemas integrados que beneficien tanto a las personas como al medio ambiente y en lugar de concebir las áreas urbanas solo como espacios construidos, las considera ecosistemas dinámicos donde la agricultura urbana, la gestión del agua, la energía renovable y la creación de hábitat sostenible se entrelazan de manera armoniosa.

San Juan de los Remedios, como todo el país, ha desarrollado su diagnóstico ambiental a partir del cual traza sus líneas de trabajo en función de la protección y el cuidado del medioambiente. La ciudad presenta un déficit de espacios verdes a lo que no está ajeno el Centro Histórico Urbano. Existen en esta área otras problemáticas ambientales que inciden en la insuficiente calidad de este ecosistema y que deterioran su imagen.

En la dimensión medioambiental de la Estrategia de Desarrollo Municipal se desarrollan acciones encaminadas a la protección y cuidado del medioambiente. Desde el punto de vista de la gestión medioambiental existe una Cartera de Proyectos en la Oficina del Conservador de la ciudad encaminados a educar a la población en el contexto ambiental y a la conservación, rescate y desarrollo de los elementos y atractivos que contribuyen al logro de un impacto satisfactorio y transformador del Centro Histórico Urbano. A pesar de los esfuerzos que se han realizado las acciones que se desarrollan, desde la dimensión medioambiental no son suficientes, lo cual no propicia la explotación del patrimonio natural del Centro Histórico en toda su magnitud.

Por tanto, se declara el siguiente problema científico, punto de partida para el diseño de esta investigación: ¿Cómo contribuir al fomento de prácticas de permacultura urbana en el Centro Histórico de Remedios?

2 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

Se define como objetivo general de la investigación: Proponer un plan de acciones desde la gestión medioambiental para lograr prácticas de permacultura urbana en el Centro Histórico de Remedios.

Fundamentos teóricos metodológicos. Permacultura.

El desarrollo sostenible requiere una revolución cultural mayor que cualquiera de los grandes cambios del último siglo para cubrir las necesidades del hombre, dentro de los límites ecológicos. El diseño y la acción permacultural han mostrado que este movimiento es complejo y multifacético.

En los años setenta Bill Mollison y David Holmgren definieron la permacultura como: un sistema integrado y evolutivo de plantas perennes o auto-perpetuantes y de especies animales útiles para el hombre (Mollison, 1978). Una definición más actual amplía este enfoque y refiere que es: 'El diseño consciente de paisajes que imitan los patrones y las relaciones de la naturaleza, mientras suministran alimento, fibras y energía abundantes para satisfacer las necesidades locales' (Alemany, 2013).

La permacultura tiene como objetivo la creación de sistemas que sustenten a las generaciones del presente y del futuro desde la cooperación y el cuidado de la naturaleza y las personas a través del diseño de asentamientos humanos que cuenten con la diversidad, estabilidad y resiliencia o capacidad de recuperación de los ecosistemas naturales.

Los sistemas de permacultura se caracterizan:

- Por bajo consumo de energía y alta productividad.
- Las personas forman parte consciente del sistema y están comprometidas con la solución de los problemas locales y globales a los que se enfrenta el mundo.
- Conciben la vivienda y otras estructuras como partes integrantes del ciclo ecológico del sistema.
- Alcanzan el mayor grado de autosuficiencia posible.

- Emplean técnicas y tecnologías apropiadas y accesibles (económica, y culturalmente) a cualquier persona.

- Conciben los espacios con valor estético y utilitario, integrados ecológicamente al paisaje.

- Utilizan al máximo los recursos y "desechos" locales, evitando la dependencia.

Para evaluar y entender la permacultura es fundamental tener en cuenta los siguientes elementos:

- Los seres humanos, incluso cuando no parecen estar usualmente dentro del mundo natural, están sujetos a las mismas leyes científicas (las leyes de la energía) que gobiernan el universo material, incluida la evolución de la vida.

- La explotación de los combustibles fósiles durante la era industrial ha sido la causa principal de la espectacular explosión demográfica, tecnológica y de cada una de las nuevas características de la sociedad moderna.

- La crisis ambiental es real y de una magnitud que ciertamente transformará la sociedad industrial global moderna más allá de todo reconocimiento. En el proceso, el bienestar e incluso la supervivencia de la población mundial en expansión, está directamente amenazada.

- Los impactos actuales y futuros que la sociedad industrial global y el crecimiento de la población acarrean sobre la asombrosa biodiversidad mundial, se considera serán mucho mayores que los grandes cambios de los últimos siglos.

- A pesar de la naturaleza inevitable de las realidades futuras, el declive de los combustibles fósiles dentro de pocas generaciones, verá un retorno gradual a los principios de diseño observables en la naturaleza y en la sociedad preindustrial, que dependen de los recursos y las energías renovables (incluso si las formas específicas de esos sistemas reflejan circunstancias locales únicas).

La práctica permacultural propone una nueva forma de pensar y de vivir. Sus principios están presentes en el empleo de las energías renovables, en la adecuación de las obras constructivas a las condiciones climáticas, en el fortalecimiento de las relaciones humanas y en el aprovechamiento de los recursos locales, evitando al máximo la dependencia. Estos principios se dividen en tres principios éticos y doce de diseño.

Principios éticos:

- Cuidado de la Tierra (conservación del suelo, los bosques y el agua): la tierra se considera la base para que todos los sistemas de vida perduren y se multipliquen, de ahí la importancia de conservar una tierra saludable.

- Cuidado de las personas (ocuparse de sí mismo, de los familiares, parientes y de la comunidad): se basa en el derecho de todas las personas de acceder a los recursos necesarios para vivir no solo materiales sino también al conocimiento.

- Repartición justa. Redistribución de los excedentes, (limites al consumo y la reproducción): se refiere al uso racional de los recursos considerando las necesidades presentes y futuras tanto del hombre como de otras especies y la importancia de compartir el conocimiento.

Principios de diseño:

Principio 1: Observa e interactúa

- La observación cuidadosa de la naturaleza y todos sus procesos permite tomar conciencia sobre sus elementos y aprender de su sistema para diseñar y adaptar soluciones interfiriendo lo menos posible en el medio.

Principio 2: Capturar y almacenar energía

Partiendo de las culturas preindustriales y sus técnicas de aprovisionamiento tiene como base el uso y redescubrimiento de procesos de recolección de recursos abundantes para su posterior utilización cuando sea necesario.

Principio 3: Obtener un rendimiento

Se satisfacen las necesidades del presente sin perder de vista las futuras balanceando el rendimiento, los ingresos y los beneficios del trabajo realizado.

Principio 4: Aplicar la autorregulación y aceptar la retroalimentación

A través de procesos eficientes de autorregulación integrados en el desarrollo de culturas y comprendiendo las señales de la naturaleza para evitar actos inapropiados se previene la sobreexplotación.

Principio 5: Usar y valorar los recursos y servicios renovables

Prima el uso de los recursos renovables de forma cautelosa aprovechando la abundancia de los recursos de la naturaleza.

Principio 6: Dejar de producir residuos

Es producir sin desechos valorando los recursos para evitar los desperdicios, es reutilizar, reparar y reciclar de manera innovadora y creativa.

Principio 7: Diseñar patrones a los detalles

Es el logro de un diseño exitoso entendiendo los modelos de la naturaleza a través de la observación.

Principio 8: Integrar más que segregar

Favorece la integración de los elementos sin eliminar o fomentar la competencia entre ellos.

Principio 9: Usar soluciones lentas y pequeñas

Requiere el respeto de los tiempos naturales y la puesta por los cambios en una escala pequeña ya que requieren menos recursos y más productividad a largo plazo para proteger los recursos y ahorrar energía.

Principio 10: Usar y valorar la diversidad

Fomentar la conservación y ampliación de la diversidad de los sistemas favoreciendo su autorregulación a largo plazo aprovechando la oportunidad que ofrece la naturaleza única del entorno.

Principio 11: Usar los bordes y valorar lo marginal

Comprende el funcionamiento de los límites entre los sistemas y el empleo de forma productiva de los aprendizajes.

Principio 12: Usar y responder creativamente al cambio

Es fundamental observar y comprender los ciclos para aceptar y reaccionar adecuadamente ante los sucesos naturales.

Estos principios esenciales en el diseño permacultural no sustituyen la experiencia práctica y el conocimiento técnico; ofrecen un marco para generar y evaluar continuadamente las soluciones específicas que requiere cada lugar y situación para superar los éxitos del desarrollo sostenible y enfocarse en la reunificación de la cultura y la naturaleza.

Si bien la permacultura invita a estar inmersos en la agricultura, a la vez fomenta las relaciones de beneficio ambiental entre todos los elementos de un sistema rural o urbano, incluidas las personas.

En el ambiente urbano la permacultura se refiere a todo lo existente en el espacio familiar: personas, vivienda, techo, patio, portal, jardín o balcones, azoteas y áreas comunes en los edificios. Proporciona técnicas para producir alimentos en poco espacio ya sea de manera individual o colectiva con el objetivo de rediseñar espacios para generar un impacto positivo. La permacultura urbana ha sobrepasado el ámbito de la agricultura e incide en otros como la arquitectura para hacerla sostenible, recurriendo a materiales naturales y biodegradables que minimicen la huella ecológica de la construcción.

Caracterización del Centro Histórico de Remedios. La necesidad de prácticas de permacultura.

El medioambiente constituye el conjunto de circunstancias que rodean y afectan la vida, el crecimiento, la salud, la actitud y el comportamiento de los seres vivos; la preocupación por su conservación es un tema de singular importancia y en los centros históricos ha tenido su particularidad como parte de la rehabilitación de los mismos.

(Menéndez, S.F) planteó: los centros históricos urbanos constituyen estructuras integrantes de la ciudad que sobresalen por la concentración de valores culturales asociados a su desarrollo y expresados en el urbanismo, en la arquitectura y en su actividad socioeconómica. Esta última incluye, en primer plano, la presencia de la población residente y, junto a ella, las funciones tradicionales muchas de las cuales constituyen parte de su patrimonio intangible y por otro, una dinámica económica particular. Estos aspectos garantizan la sostenibilidad y la condición de centralidad necesarias para que no resulte afectado el carácter del centro histórico.

Los centros históricos a fin de conservar su condición de organismos vivos, deben ser capaces de asimilar actividades de carácter contemporáneo y sustituir aquellas funciones que pierden vigencia, como tradicionalmente ha ocurrido.

Existen cualidades inherentes al centro histórico como su vitalidad y su dinámica de adaptación a nuevas necesidades que deben preservarse y en la medida en que se le den nuevos usos a edificaciones o espacios que hayan perdido vigencia, estarán garantizadas siempre que estas transformaciones no agredan sus valores.

El Centro Histórico de Remedios (Figura 1) se caracteriza por el alto grado de integridad de su patrimonio edificado, declarado Monumento Nacional en 1980. El uso residencial del suelo es predominante, aunque también en él se concentran la mayoría de los servicios comerciales, gastronómicos, culturales, religiosos, hoteleros y recreativos. Acoge edificaciones de inestimable significación arquitectónica y ambiental, lo que refuerza su valía para ser la zona de mayor incidencia en la afluencia de visitantes y el desarrollo de inversiones; aunque a su vez, la destaca como la trama urbana más vulnerable de la ciudad.

Figura 1. Centro Histórico Urbano de Remedios.



Fuente: Datos de la pesquisa (2025).

Está formado por un total de 88 manzanas, 49 totales y 39 parciales, con una extensión de 37.6 hectáreas, representadas en tres Consejos Populares de la ciudad: El Carmen, San Salvador y Hermanos

Herrada (Figura 2). Alcanza los 2858 habitantes, una población considerablemente envejecida en un 27%.

Figura 2. Consejos Populares del Centro Histórico.



Fuente: Datos de la pesquisa (2025).

Los espacios públicos lo constituyen plazas, plazuelas, microparques, portales y vías que alcanzan un total de 9.88 hectáreas de la superficie del Centro Histórico. No obstante, aún se mantienen áreas con una imagen urbana degradada, de poca vegetación y carentes de mobiliario, iluminación e higiene.

Los espacios verdes por habitantes son deficientes en el Centro Histórico, a esta problemática se suma el mal manejo e insuficiente mantenimiento de estas áreas que provocan el envejecimiento del arbolado. Por otra parte, la insuficiente calidad del suelo en los parques y la inexistencia de sistemas de riego y viveros que garanticen el suministro de plantas; la contaminación del suelo, la deficiente recolección periódica de desechos sólidos que provoca la existencia de microvertederos y la acumulación en calles y vacíos urbanos que constituyen focos de vectores y contaminación que deterioran la imagen del Centro Histórico.

Otras problemáticas presentes en esta zona son el inadecuado saneamiento ambiental, las deficiencias del servicio de abasto de agua y el mal estado de la red hidráulica, la deficiente ventilación e iluminación, la humedad y los ruidos, así como el hacinamiento propio de una trama urbana compacta. A todo ello se adicionan la contaminación atmosférica por la circulación de vehículos por arterias principales de la ciudad que provoca la emisión y concentración ocasional de gases tóxicos.

El Centro Histórico Urbano de Remedios es un escenario propicio para desarrollar una efectiva gestión medioambiental, considerando las po¬tencialidades culturales y naturales y el arraigo de la población, para la confluencia de acciones dinamizadoras e innovadoras, con una mirada hacia el desarrollo de una cultura ambientalista, las economías creativas y la participación ciudadana, con el liderazgo de la Oficina del Conservador de Remedios (Figura 3), con vistas al desarrollo sostenible e integral del territorio a través de prácticas de permacultura.

Figura 3. Oficina del Conservador de Remedios



3 DESENVOLVIMIENTO E RESULTADOS

Propuesta de acciones para fomentar la permacultura en el Centro Histórico de Remedios.

PLAN DE ACCIONES

Intercambio con representantes de las organizaciones políticas y de masas, las entidades estatales y líderes no formales de la comunidad.

Objetivo: Diagnosticar el nivel de conocimiento sobre el tema en la búsqueda de un acercamiento a esta técnica.

Responsables: Especialistas de la Agricultura Urbana.

Participantes: Representantes de las organizaciones políticas y de masas, las entidades estatales y líderes no formales.

Fecha-hora: Viernes, 2:00pm.

Plazo: Mensual.

Charlas educativas acerca de la importancia y beneficio de la permacultura para la comunidad en escuelas, centros laborales y lugares estratégicos del Centro Histórico.

Objetivo: Sensibilizar a la comunidad del Centro Histórico con la importancia de la permacultura para su beneficio.

Responsables: Especialistas de la Agricultura Urbana.

Participantes: Comunidad del Centro Histórico.

Fecha-hora: Lunes, 10:00am.

Plazo: Quincenales.

Creación de umbráculos para la promoción e incremento de viveros y jardines.

Objetivo: Desarrollar el verde urbano para el mejoramiento de la calidad ambiental y el ecosistema del Centro Histórico.

Responsables: Empresa Forestal Integral VC.

Participantes: Trabajadores de comunales, amas de casa y estudiantes.

Fecha-hora: Sábados, 8:30am.

Plazo: Permanente.

Implementación de un sistema de permacultura en el Centro Histórico para el fomento de las

áreas verdes, la reforestación de parques y jardines y el saneamiento ambiental.

Objetivo: Transformar espacios del área en ecosistemas productivos, resilientes e inclusivos mediante la aplicación de principios y prácticas de permacultura.

Responsables: Grupo gestor del proyecto.

Participantes: Trabajadores de comunales y la comunidad.

Fecha-hora: Domingos, 9:00am.

Plazo: Semanal.

Intercambio participativo para la propuesta de áreas del Centro Histórico para la creación de techos verdes, jardines verticales y compostaje comunitario.

Objetivo: Incorporar principios y prácticas de permacultura para el fortalecimiento de la vitalidad y sostenibilidad en el Centro Histórico promoviendo el bienestar de sus habitantes.

Responsables: Plan Maestro Oficina del Conservador de Remedios y Grupo Gestor.

Participantes: Consejo de la Administración, Cultura, Comunales y Turismo.

Fecha-hora: Martes, 2:00pm.

Plazo: Mensuales.

Desarrollo de concursos para el reconocimiento de las iniciativas innovadoras y eficientes de permacultura.

Objetivo: Motivar a la comunidad del Centro Histórico a la práctica de principios y técnicas de permacultura.

Responsables: Grupo Gestor.

Participantes: Comunidad.

Fecha-hora: Junio.

Plazo: Anual.

Para el desarrollo de estas acciones son necesarios recursos materiales como:

- Herramientas manuales (palas, picos, rastrillos, hachas, machetes, tijeras de podar, carretillas).
- Herramientas motorizadas (motosierra).
- Plantas y semillas.
- Sistemas de riego (manguera, aspersores, goteros, bombas de agua).
- Tanques para almacenar agua.
- Herramientas de construcción (martillos, taladros, clavos).
- Insecticidas naturales.
- Herramientas de jardinería (guantes, delantales, rodilleras, regaderas).
- Material de oficina (libretas, bolígrafos, hojas, computadora, impresora).
- Macetas.
- Bolsas de cultivo.
- Cuerdas y mallas.
- Libros y recursos educativos sobre permacultura.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sustentabilidad desde la permacultura.

La sustentabilidad urbana o rural permite el funcionamiento permanente o indefinido de ese sistema sin agotar o sobrecargar los elementos de los cuales depende, propósitos estos que están implícitos en la permacultura. Implica prácticas que aporten beneficios sociales, económicos y ecológicos a la vez.

La permacultura ofrece las herramientas necesarias para alcanzar estos aportes, pero requiere poner freno a las actitudes consumistas que han llevado a la degradación del planeta. Se hace necesario el

fomento de estilos de vida diferentes que generen visiones y relaciones de otro tipo con el hábitat. Para lograr el acercamiento progresivo a estas condiciones está la ética de la permacultura.

En la búsqueda progresiva de la sustentabilidad la escala idónea es lo local por ser el ámbito en el que es posible demostrar en la práctica la viabilidad de los cambios. A través de la participación, se pueden redefinir continuamente las acciones a realizar para alcanzar resultados inmediatos y permanentes en un territorio, priorizando la obtención de beneficios ecológicos generalmente desplazados en el accionar humano.

La sustentabilidad de un territorio requiere el incremento de los recursos existentes, a través de la utilización de tecnologías eficientes, de consumo bajo y no contaminante adaptadas a él. En la práctica, la permacultura requiere el diseño y manejo adecuado, evitando la producción de desechos, empleando mínimos ingresos de energía, la utilización racional de los recursos naturales respetando la sucesión y los ciclos.

Por otra parte, la sustentabilidad propone mejoras en la capacidad de los seres humanos, aspecto que la permacultura tiene en cuenta en uno de sus principios éticos en el que orienta el cuidado de las personas.

La permacultura constituye una práctica ética, un propósito esencial para alcanzar la sustentabilidad.

5 CONCLUSIONES

La investigación permitió el establecimiento de una base sólida de los fundamentos teóricos metodológicos sobre el estudio de la permacultura y su práctica. Profundizar en esta temática y conocer sus beneficios es esencial para la conservación del medioambiente y la sostenibilidad en el centro Histórico de Remedios.

El análisis del estado actual de la gestión medioambiental en el Centro Histórico de Remedios reveló limitaciones en el conocimiento sobre permacultura, la ineficiencia en el manejo de residuales, escases de espacios verdes, las potencialidades no explotadas en el Centro Histórico y el interés incipiente de los pobladores. Esta caracterización proporciona una base para una propuesta de proyecto.

Se diseñó una propuesta de proyecto sostenible y participativa para el fomento de prácticas de permacultura que mejoren la calidad de vida de los habitantes del Centro Histórico, considerando los aspectos culturales y patrimoniales.

BIBLIOGRAFÍA

Alemany, J. La esencia de la permacultura. 2013.

HERRERA, S. Diseño e implementación de un plan de actualización del Sistema de Gestión Ambiental en la Empresa Surtigas S.A E.S.P basado en la norma ISO 14001 versión 2015. Universidad del Norte. Departamento de Ingeniería Industrial. Maestría en Ingeniería Administrativa. Barranquilla, 32-36. 2018.

MENÉNDEZ GARCÍA, Madeline (S.F) Conferencia: Instrumentos analíticos del Centro Histórico: La tipología de la arquitectura. Curso de Manejo y Gestión de Centros Históricos. https://www.planmaestro.ohc.cu

MOLLISON, B., & HOLMGREN, D. Permaculture one. 1978.

MOLLISON, B., & SLAY, R. M. Introducción a la permacultura. 2012.

NATURTABLE. Permacultura: Pasos firmes hacia la sostenibilidad. Naturtable, Ecología. 2021.

PAEZ, A. Aportes de la gestión ambiental a un modelo de sostenibilidad empresarial. Fundación Universidad América. Facultad de Educación Permanente y Avanzada, 52, 97. 2017.

PELL, S. M.; M. OJEDA, J. SALOMÓN y A. LORENZO. Evaluación del nivel de seguridad en la comunidad de Pogolotti-Finlay-Belén debido a la manipulación de productos químicos peligrosos.2019.

VIDAL, A., & ASUAGA, C. Gestión ambiental en las organizaciones: una revisión de la literatura. 2021.

Capítulo 2

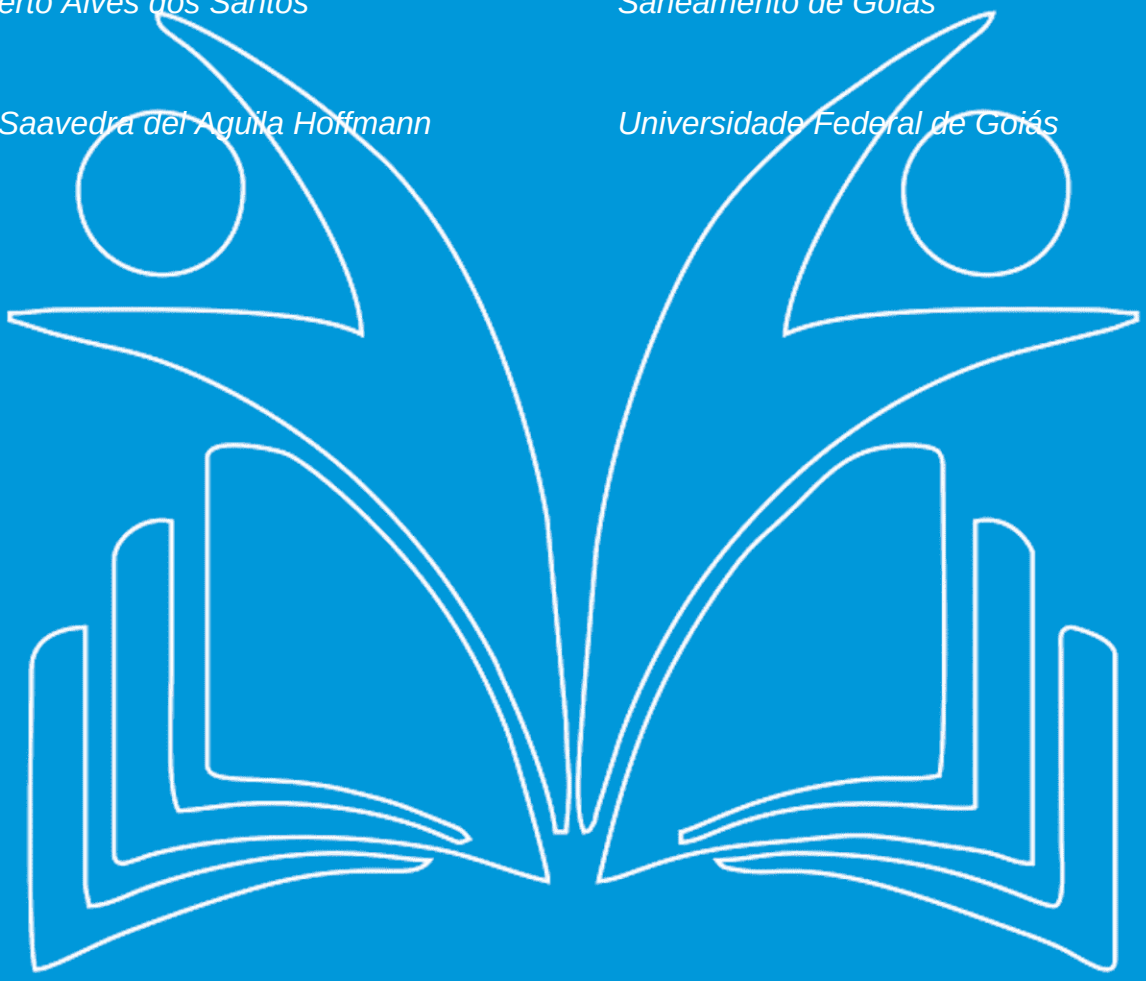
10.37423/260510999

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS

Pâmella Raphaella Alphonsus Machado de Paiva Rodrigues Melo
Universidade Federal de Goiás

Carlos Roberto Alves dos Santos
Saneamento de Goiás

Nora Katia Saavedra del Aguila Hoffmann
Universidade Federal de Goiás



RESUMO

O processo de lodos ativados é um dos mais utilizados no tratamento de efluentes, sendo a comunidade microbiana a responsável pela degradação da matéria orgânica, nutrientes e contaminantes nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), impedindo que eles contaminem o solo ou os corpos receptores. Este estudo objetivou analisar a comunidade microbiológica existente no tanque de aeração de uma estação piloto de tratamento de esgoto sanitário urbano, permitindo examinar a eficiência no tratamento. Realizou-se análises microbiológicas qualitativas para caracterizar os grupos de protozoários presentes, bactérias filamentosas e flocos biológicos, e também se realizou análises físico-químicas para diagnosticar a eficiência de remoção de matéria orgânica e nutrientes no afluente e efluente. Os resultados mostraram que a espécie de protozoários mais dominante foi a Vorticella sp., a estrutura dos flocos biológicos foi caracterizada como densa, dispersa e de cor preta-amarrronzada, havia presença de matéria orgânica e de inúmeras bactérias filamentosas, além de alguns vermes e algas não identificados. A média da eficiência de remoção de DBO e DQO foi de 17,64% e 15,17% respectivamente. A partir das análises dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos foi possível observar relações significativas, ressaltando a importância dos microrganismos para a correta eficiência de funcionamento do sistema. Conclui-se a partir das análises microbiológicas e físico-químicas que o sistema não atingiu a eficiência esperada de remoção de matéria orgânica e nutrientes conforme as resoluções CONAMA, sendo necessário o aperfeiçoamento desse sistema antes do lançamento no corpo receptor.

PALAVRAS-CHAVE: Protozoários, flocos biológicos, ETE, análise microbiológica, análise físico-química.

INTRODUÇÃO

O esgoto doméstico que chega às Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) é rico em matéria orgânica, nutrientes, patógenos e principalmente contaminantes (DEL-GUERCIO, 2017), apresentando geralmente valores de DQO entre 400 a 800 mg/L e DBO entre 200 a 500 mg/L (VON SPERLING, 2005). Somente depois de minucioso tratamento atendendo as condições padrões e exigências da Resolução CONAMA nº 430, o efluente pode ser lançado nos corpos receptores.

Quando não tratados ou não tratados adequadamente, eles contaminam os solos, recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e, principalmente, desencadeiam patologias à sociedade, como verminoses, elefantíase, leptospirose e até óbitos, contrariando o que está estabelecido no artigo 2º, inciso XI da Lei Federal 11.445/07: “os serviços públicos de saneamento básico devam ser prestados com segurança, qualidade, regularidade e continuidade”.

A ETE Goiânia atende a uma parcela significativa da população, tratando aproximadamente 57% do esgoto coletado no município e produzindo grandes volumes de lodo primário.

Panorama do esgotamento sanitário no Brasil, Centro-Oeste, Goiás e Goiânia

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Brasil de 2010 e 2022 indicaram o aumento da coleta de esgoto e tratamento de esgoto da população brasileira na região Centro-Oeste, no estado de Goiás e no município de Goiânia (tabela 1), influenciando na diminuição das internações totais e óbitos por doenças de veiculação hídrica (tabela 2), demonstrando a relação essencial entre saneamento básico, principalmente o tratamento de esgoto sanitário, a saúde e longevidade populacional.

Tabela 1: Parcela da população sem coleta de esgoto e índice de esgoto tratado referida à água consumida em diferentes localidades.

Localidade	**Parcela da população sem coleta de esgoto**		**Índice de esgoto tratado referido à água consumida**	
	2010	**2022**	**2010**	**2022**
Brasil	54,6%	44,5%	36,2%	52,2%
Centro-Oeste	57,9%	38,2%	38,6%	59,3%
Goiás	63,2%	37,0%	40,7%	60,3%
Goiânia	23,4%	2,0%	64,3%	73,4%

Fonte: SNIS (2010 e 2022).

Tabela 2: Internações totais e óbitos por doenças de veiculação hídrica em diferentes localidades.

Localidade	**Internações totais por doenças de veiculação hídrica**		**Óbitos por doenças de veiculação hídrica**	
	2010	**2022**	**2010**	**2022**
Brasil	603.623	191.418	2.903	2.306
Centro-Oeste	60.539	23.307	241	212
Goiás	32.529	11.792	91	126
Goiânia	4.131	1.568	20	25

Fonte: SNIS (2010 e 2022).

Etapas do tratamento de efluentes domésticos

O tratamento do esgoto doméstico, o esgoto bruto percorre diversas etapas até se transformar em esgoto tratado e ser direcionado ao corpo receptor.

A primeira etapa é o tratamento preliminar em que se removem os sólidos de maiores granulometrias, areia e medição de vazão (VON SPERLING, 2014).

A segunda etapa é o tratamento primário em que se removem os sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes com o auxílio de decantadores ou tanques sépticos (VON SPERLING, 2014). A eficiência de remoção de DBO após essa etapa varia de 25% a 35%, a remoção de sólidos em suspensão varia de 60 a 70% e eliminação de coliformes varia de 30 a 40% (VON SPERLING, 2014).

A terceira etapa é o tratamento secundário em que se removem principalmente a matéria orgânica em suspensão e dissolvida, mas pode haver remoção de nitrogênio, fósforo e alguns patógenos. A eficiência de remoção de DBO após essa etapa varia de 60 a 98 %, atendendo a Resolução CONAMA nº 457 e a eliminação de coliformes varia de 60 a 99% (VON SPERLING, 2014).

Essa etapa ocorre através de reatores aeróbios ou anaeróbios, com microrganismos que utilizam ou não o oxigênio para degradação da matéria orgânica, respectivamente. A escolha do reator adequado ao tratamento do esgoto doméstico depende de fatores como volume de esgoto produzido pela população, custos de operação e manutenção, produção de lodo biológico, entre outros. Alguns tipos de sistemas incluem: disposição no solo, como infiltração lenta, inflilltração rápida, infiltração subsuperficial, escoamento superficial; lagoas de estabilização, como lagoa facultativa, lagoa anaeróbia, lagoa aerada de mistura completa, lagoas de alta taxa, lagoas de maturação; sistemas de lodos ativados, como lodos ativados convencional, lodos ativados por aeração prolongada, lodos

ativados de fluxo intermitente, lodos ativados com remoção biológica de nitrogênio, lodos ativados com remoção biológica de nitrogênio e fósforo; reatores aeróbios com biofilmes, como filtro de baixa carga, filtro de alta carga, biofiltro aerado submerso e biodisco; sistemas anaeróbios como reator UASB e filtro anaeróbio; sistemas alagados construídos (wetlands), como sistemas alagados construídos, sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial e sistemas alagados construídos de escoamento vertical.

Em algumas situações, pode-se ter a quarta etapa, o tratamento terciário, em que são removidos nutrientes, microrganismos patógenos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes dos tratamentos anteriores (VON SPERLING, 2014).

Tratamento secundário do tipo lodo ativado convencional

Os sistemas de lodos ativados são uma das tecnologias mais eficazes para o tratamento de águas residuais, e os microrganismos ali presentes desempenham um papel crucial nesse processo. O lodo ativado é um processo biológico no qual os microrganismos consomem a matéria orgânica presente na água, transformando-a em uma biomassa rica em microrganismos, e é responsável pela depuração da água (FERREIRA, 2008). Mas existem também algumas desvantagens, como a necessidade de haver um tratamento complementar, para que o efluente atenda aos padrões da norma vigente (VON SPERLING, 2014).

Os sistemas de lodos ativados podem ser convencionais, com aeração prolongada ou com sistemas de fluxo intermitente. Os sistemas de lodos ativados convencionais contam com uma elevada eficiência em remoção de DBO, podendo remover biologicamente o nitrogênio e fósforo com menor área de instalação (DINIZ, 2021). Os sistemas de lodo ativado com aeração prolongada apresentam os mesmos benefícios que os sistemas de lodos ativados convencionais, mas com menor produção de lodo biológico, constante nitrificação, consumindo mais energia elétrica (DINIZ, 2021). Enquanto que os sistemas de lodo ativado com sistemas de fluxo intermitente, contam com uma elevada eficiência de remoção de DBO empregando menos equipamentos que os sistemas de lodo ativado convencional, mas com custos de implantação e operação mais elevados (DINIZ, 2021).

Em geral, o processo de tratamento do esgoto sanitário com lodo ativado ocorre em três etapas: a aeração, a decantação, a recirculação do lodo biológico e a retirada do lodo biológico excedente no

sistema. Na aeração mistura-se a água a ser tratada no lodo ativado nos tanques de aeração compostos de oxigênio, é necessário que haja oxigênio dissolvido suficiente para que haja oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos presentes no tanque de aeração. Na decantação, o lodo biológico juntamente com a água são direcionados a um decantador para que o lodo se deposite no fundo. Em seguida, o lodo biológico sedimentado é recirculado para os tanques de aeração e o seu excesso é removido do sistema.

O tratamento secundário do tipo lodo ativado convencional não necessita de ser operado em grandes áreas, mas apresenta custos mais elevados de implantação, operação e energia elétrica. Ele também apresenta elevada eficiência na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) variando entre 85 a 93%, elevada eficiência de remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) variando entre 80 a 90%, além de menor manifestação de insetos, vermes e odores desagradáveis, contudo, ele apresenta uma baixa eficiência de remoção de coliformes totais e elevada sensibilidade a efluentes contaminados.

Parâmetros físico-químicos no tratamento de efluentes domésticos

No tratamento de efluentes domésticos, é necessário a análise de determinados parâmetros físico-químicos a fim de garantir o adequado lançamento do efluente tratado no corpo receptor, tais como temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio, fósforo, sólidos suspensos voláteis (SSV) e sólidos totais (ST).

A temperatura, pH e oxigênio dissolvidos são cruciais para o crescimento e metabolismo dos microrganismos que degradam a matéria orgânica, se não zelados podem interferir no tratamento biológico e nos microrganismos que ali vivem.

O nitrogênio e o fósforo podem ser indicadores de eutrofização do sistema, quando não removidos adequadamente podem poluir as águas subterrâneas e superficiais e provocar efeitos tóxicos aos animais aquáticos.

Os sólidos suspensos voláteis e sólidos totais influenciam na penetração da luz solar no corpo receptor, quando em altas concentrações, eles impedem essa penetração e diminuem a produção de fotossíntese dos organismos fotossintetizadores, afetando a sua sobrevivência.

A demanda bioquímica de oxigênio e a demanda química de oxigênio são indicativos do consumo de oxigênio para a degradação da matéria orgânica, quando em altas concentrações ocasionam a morte de organismos aquáticos e gerar condições sépticas no ambiente (VON SPERLING, 2014).

Parâmetros para lançamento de efluentes de acordo com a Resolução Conama nº 430/2011 e Resolução Consema 128/2006

De acordo com a Resolução Conama nº 430/2011 os valores máximos permitidos de alguns parâmetros físico-químicos para lançamento nos corpos receptores do efluente final oriundo das estações de tratamento de esgoto (ETE), são:

- DBO 5 dias a 20ºC: 120 mg/L O2.
- Eficiência de remoção de DBO: remoção mínima de 60%.
- Temperatura: inferior a 40°C.
- pH: entre 5,0 e 9,0.

De acordo com a Resolução Consema 128/2006 os valores máximos permitidos de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos para lançamento nos corpos receptores do efluente final no Estado do Rio Grande do Sul.

- E coli: 105 NMP/100 mL.
- DBO 5 dias a 20ºC (para vazões menores que 20 m3/dia): 180 mg/L O2.
- DQO (para vazões menores que 20 m3/dia): 400 mg/L O2.
- Nitrogênio total Kjeldahl (para vazões menores que 100 m3/dia): 20 mg P/L.
- Fósforo total (para vazões menores que 100 m3/dia): 4 mg P/L.

Parâmetros biológicos no tratamento de efluentes domésticos

No tratamento de efluentes domésticos, é necessário a análise também de determinados parâmetros microbiológicos, tais como coliformes totais e Escherichia coli e caracterização dos flocos biológicos e dos microrganismos presentes no tratamento secundário.

As bactérias coliformes totais e Escherichia coli são microrganismos propagadores de doenças como desinteria, hepatite A, infecções urinárias, por essa razão precisam ser removidos com eficiência de no mínimo 99% (VON SPERLING, 2014).

Os flocos biológicos provenientes do sistema de lodo ativado possuem uma matriz de polissacarídeos com milhares de bactérias filamentosas formadoras de flocos, protozoários e partículas coloidais, sendo um importante indicador da eficiência do tratamento biológico, permitindo a análise de sua qualidade e a verificação da necessidade de modificações no processo.

As Vorticella sp. são protozoários ciliados que se fixam ao lodo ativado e se alimentam de bactérias. Elas desempenham um papel fundamental na manutenção da saúde e eficiência do sistema, pois conseguem controlar a população bacteriana, ao se alimentarem de bactérias, as Vorticella sp. ajudam a evitar o crescimento excessivo de algumas espécies, o que pode levar a problemas como o bulking (intumescimento do lodo), também melhoram a qualidade do floco biológico, já que as Vorticella sp. selecionam as bactérias mais saudáveis e eficientes, contribuindo para a formação de um floco mais denso e com maior capacidade de sedimentação, Vorticella sp. são bioindicadores da qualidade do sistema, pois elas são sensíveis às mudanças nas condições ambientais e só se desenvolvem em ambientes estáveis e com boa qualidade de água, sendo assim a presença de Vorticella sp. em um floco biológico é um indicativo de que o sistema está funcionando bem.

A relação entre o lodo ativado e as Vorticella sp. é uma simbiose benéfica para ambos. O lodo fornece um habitat e alimento para as Vorticella sp., enquanto as Vorticella sp. contribuem para a saúde e eficiência do sistema de tratamento de águas residuais. Os sistemas de lodo ativado são essenciais para a proteção do meio ambiente, e as Vorticella sp. desempenham um papel crucial nesse processo.

OBJETIVOS

A presente pesquisa objetivou analisar os parâmetros físico-químicos, a microbiota e os flocos presentes no tanque de aeração de um sistema piloto de lodos ativados com a finalidade de avaliar a eficiência do sistema de tratamento biológico.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em um sistema piloto de esgotamento sanitário do tipo lodos ativados na Estação de Tratamento de Esgoto em operação na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Dr. Hélio Seixo de Britto em Goiânia, Goiás, aonde foram conduzidas, nos meses de julho, setembro e outubro de 2024, três coletas de amostra do afluente e efluente na entrada e saída do tanque de aeração para as análises físico-químicas e diretamente do tanque de aeração para as análises microbiológicas.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos Totais (ST), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura e Potencial Hidrogeniônico (pH), analisados conforme o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21th Edition (APHA, 2012). Os parâmetros microbiológicos analisados foram Escherichia coli (E. coli), coliformes totais, protozoários presentes no tanque de aeração, flocos biológicos, e bactérias filamentosas, cujos métodos de identificação estão descritos na literatura especializada (LYNN, 2008) e o Systema Naturae 2.000 (BRANDS 1989-2005).

Calculou-se a eficiência (E) de remoção da Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) usando a fórmula 1.

$$E = \left(\frac{DBO_{afluente} - DBO_{efluente}}{DBO_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (1)}$$

Calculou-se a eficiência (E) de remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO) usando a fórmula 2.

$$E = \left(\frac{DQO_{afluente} - DQO_{efluente}}{DQO_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (2)}$$

Calculou-se a eficiência (E) de remoção de Nitrogênio Total (N) usando a fórmula 3.

$$E = \left(\frac{N_{afluente} - N_{efluente}}{N_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (3)}$$

Calculou-se a eficiência (E) de remoção de Fósforo Total (P) usando a fórmula 4.

$$E = \left(\frac{P_{afluente} - P_{efluente}}{P_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (4)}$$

Calculou-se a eficiência (E) de remoção dos Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) usando a fórmula 5.

$$E = \left(\frac{SSV_{afluente} - SSV_{efluente}}{SSV_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (5)}$$

Calculou-se a eficiência (E) de remoção de Sólidos Total (ST) usando a fórmula 6.

$$E = \left(\frac{ST_{afluente} - ST_{efluente}}{ST_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (6)}$$

Calculou-se a eficiência (E) de remoção de Escherichia coli (E. coli) usando a fórmula 7.

$$E = \left(\frac{E.coli_{afluente} - E.coli_{efluente}}{E.coli_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (7)}$$

Calculou-se a eficiência (E) de Coliformes Totais (CT) usando a fórmula 8.

$$E = \left(\frac{CT_{afluente} - CT_{efluente}}{CT_{afluente}}\right) \cdot 100\% \qquad \text{equação (8)}$$

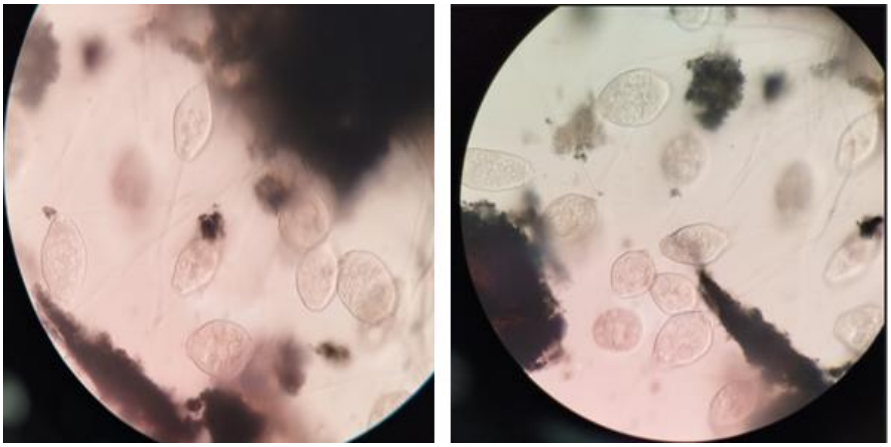
RESULTADOS

Primeira coleta

Realizou-se a primeira coleta no dia 04/07/24, no qual se obteve da amostra do tanque de aeração os valores de OD de 4 mg/l, temperatura de 24º C e o pH de 7.

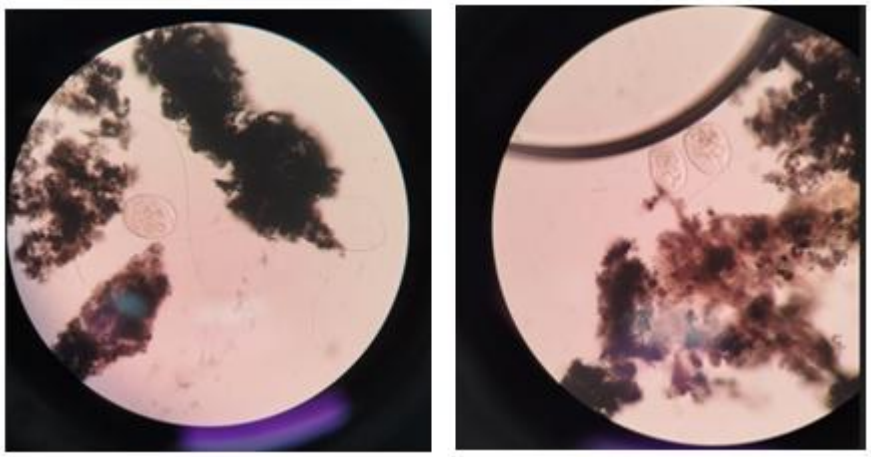
Na análise qualitativa do lodo biológico observou-se o predomínio no tanque de aeração da espécie de protozoários Vorticella sp, figuras 1 e 2, e presença de anelídeos, figura 3. Em geral, os flocos biológicos apresentavam cor preta e marrom, estavam menos densos e dispersos em diversas regiões. Nessa coleta não foi analisado as bactérias filamentosas presentes no lodo biológico.

Figura 1: Protozoários Vorticella sp.



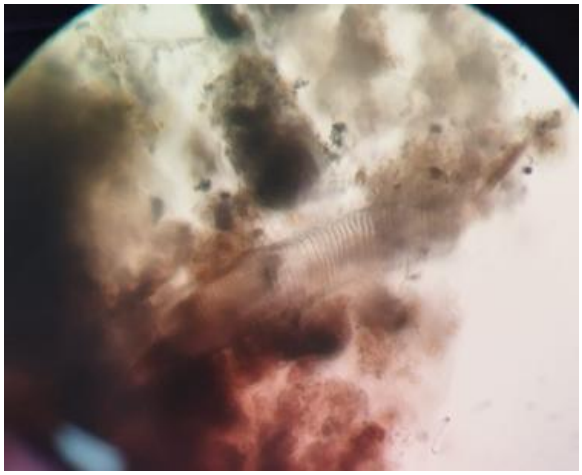
Fonte: Autores (2024).

Figura 2: Protozoários Vorticella sp.



Fonte: Autores (2024).

Figura 3: Anelídeo no lodo biológico.



Fonte: Autores (2024).

Tabela 3: Resultado da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos na 1ª coleta.

Parâmetros físico-químicos	**Afluente**	**Efluente**	**Eficiência de remoção**
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20 ºC)	198,00 mg O_2/L	158,00 mg O_2/L	20,20 %
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	462,30 mg O_2/L	375,10 mg O_2/L	18,86%
Nitrogênio Total	13,71 mg/L	6,72 mg/L	50,98%
Fósforo Total	9,20 mg P/L	15,10 mg P/L	-64,13%
Sólidos Totais (ST)	506,00 mg/L	458,00 mg/L	9,49%
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	40,00 mg/L	30,00 mg/L	25,00%
Coliformes Totais	9,2 x 10^4 NMP/100 mL	9,2 x 10^3 NMP/100 mL	90,00%
Escherichia coli (*E. coli*)	9,2 x 10^4 NMP/100 mL	9,2 x 10^3 NMP/100 mL	90,00%

Fonte: Autores

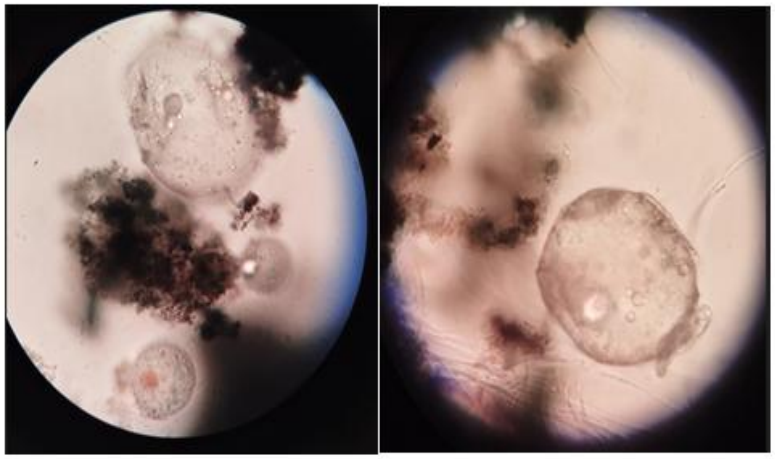
Os resultados das análises quantitativas dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de afluente e efluente estão na tabela 3. Observa-se que os todos os parâmetros, com exceção do fósforo, reduziram após o tratamento biológico.

Segunda coleta

Realizou-se a segunda coleta no dia 13/09/24, no qual se obteve da amostra do tanque de aeração os valores de OD de 0,7 mg/l e o pH de 7,4, a temperatura não foi medida.

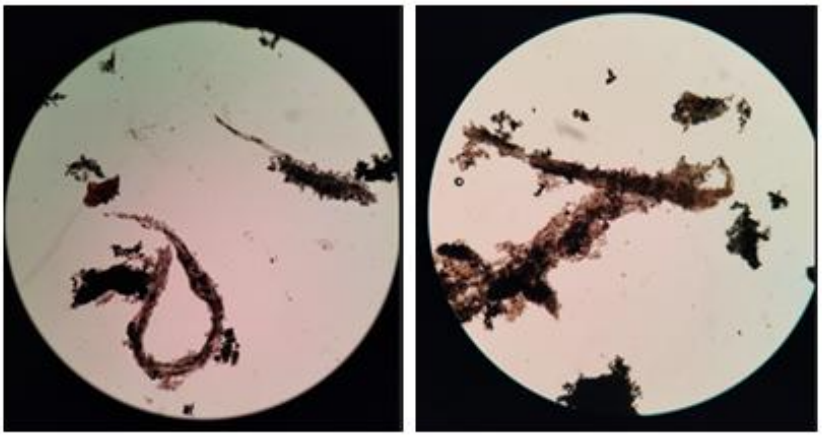
Na análise qualitativa do lodo biológico observou-se o predomínio no tanque de aeração da espécie de protozoários Vorticella sp. figura 4 e 6. Em geral, os flocos biológicos, figura 5 e 7, apresentavam cor preta e marrom, estavam densos e dispersos em diversas regiões. Havia enorme quantidade de bactérias filamentosas próximas aos flocos biológicos, figura 7.

Figura 4: Protozoários Vorticella sp.



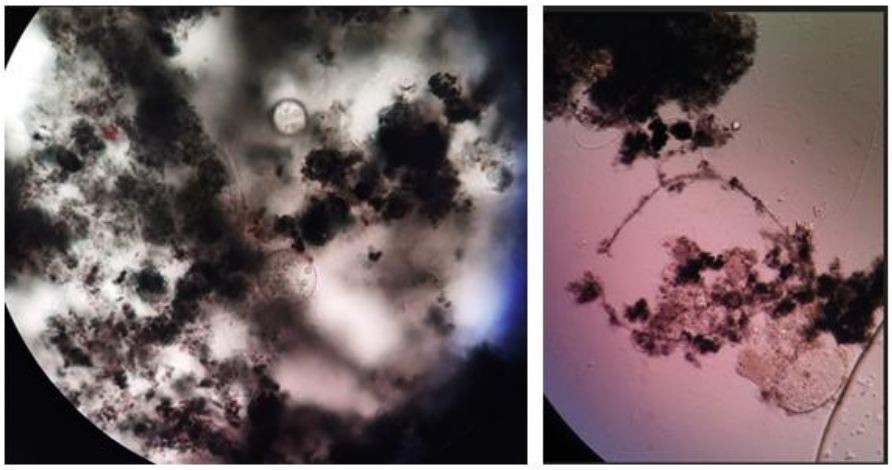
Fonte: Autores (2024).

Figura 5: Flocos biológicos.



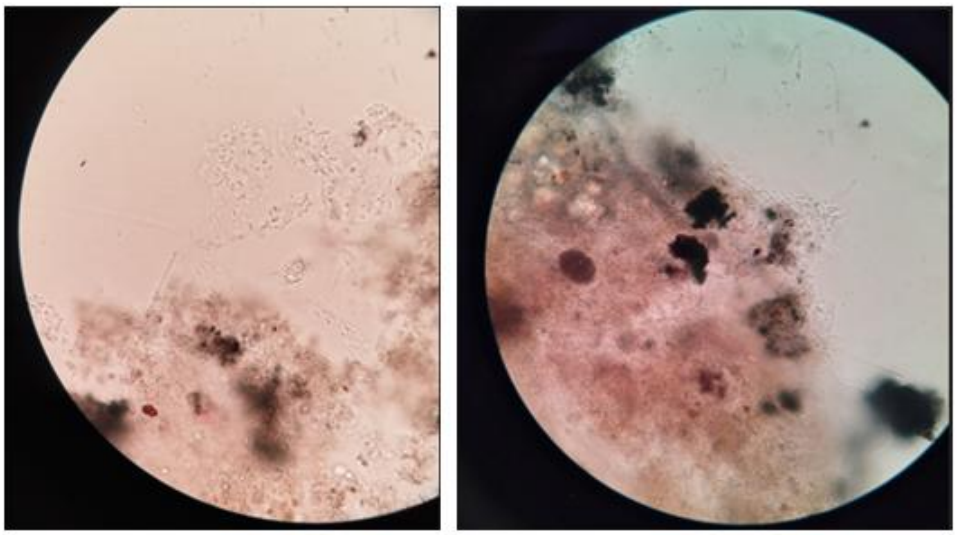
Fonte: Autores (2024).

Figura 6: Protozoários Vorticella sp. e flocos biológicos.



Fonte: Autores (2024).

Figura 7: Bactérias filamentosas e flocos biológicos.



Fonte: Autores (2024).

Tabela 4: Resultado da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos na 2ª coleta.

Parâmetros físico-químicos	**Afluente**	**Efluente**	**Eficiência de remoção**
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20 ºC)	180,00 mg O_2/L	144,60 mg O_2/L	19,67%
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	352,90 mg O_2/L	295,70 mg O_2/L	16,21%
Nitrogênio Total	38,50 mg/L	28,52 mg/L	25,92%
Fósforo Total	1,00 mg P/L	1,60 mg P/L	-60,00%
Sólidos Totais (ST)	423,00 mg/L	252,00 mg/L	40,43%
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	34,00 mg/L	24,00 mg/L	29,41%

Coliformes Totais	9,2 x 10^8 NMP/100 mL	9,2 x 10^3 NMP/100 mL	100,00%
Escherichia coli (*E. coli*)	9,2 x 10^8 NMP/100 mL	ausente	100,00%

Fonte: Autores

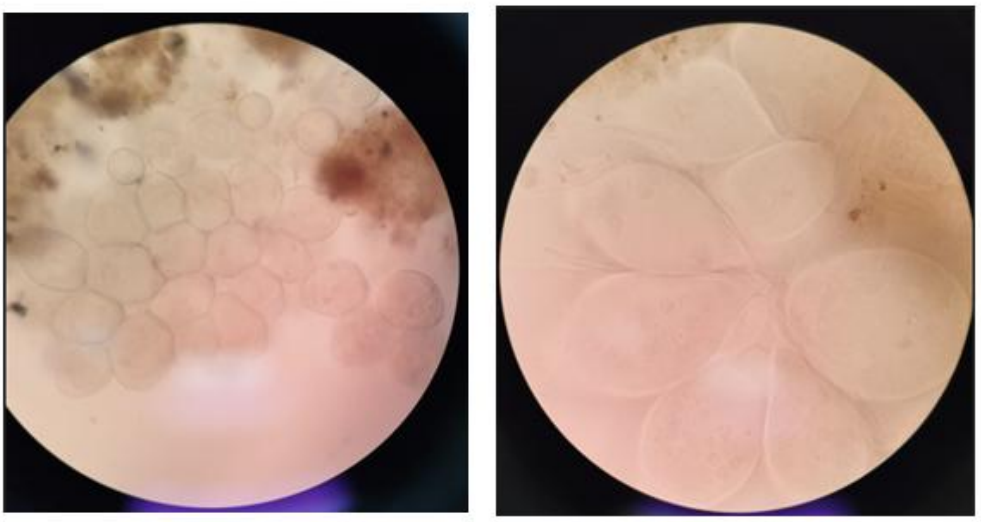
Os resultados das análises quantitativas dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de afluente e efluente estão na tabela 4. Observa-se que os todos os parâmetros, com exceção do fósforo, reduziram após o tratamento biológico.

Terceira coleta

Realizou-se a terceira coleta no dia 23/10/24, no qual se obteve da amostra do tanque de aeração a temperatura de 23ºC, pH 7,4 no afluente; pH 7,5 no tanque de aeração e pH 7,6 no efluente, o OD não foi medida.

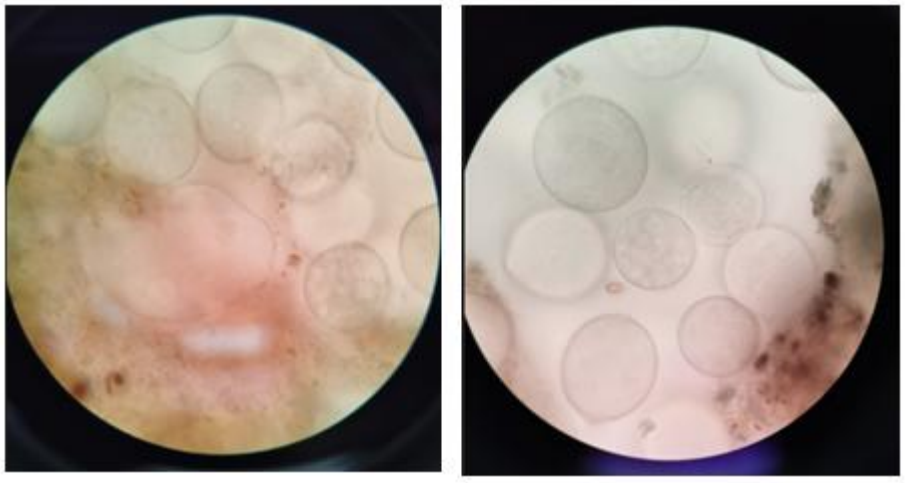
Na análise qualitativa do lodo biológico observou-se o predomínio no tanque de aeração da espécie de protozoários Vorticella sp. figura 8 e 9 e presença de anelídeos, figura 12. De modo geral, os flocos biológicos, figura 10, apresentavam cor preta e marrom claro, estavam muito mais densos com aspecto viscoso e disperso em diversas regiões. Havia enorme quantidade de bactérias filamentosas figura 11.

Figura 8: Protozoários Vorticella sp.



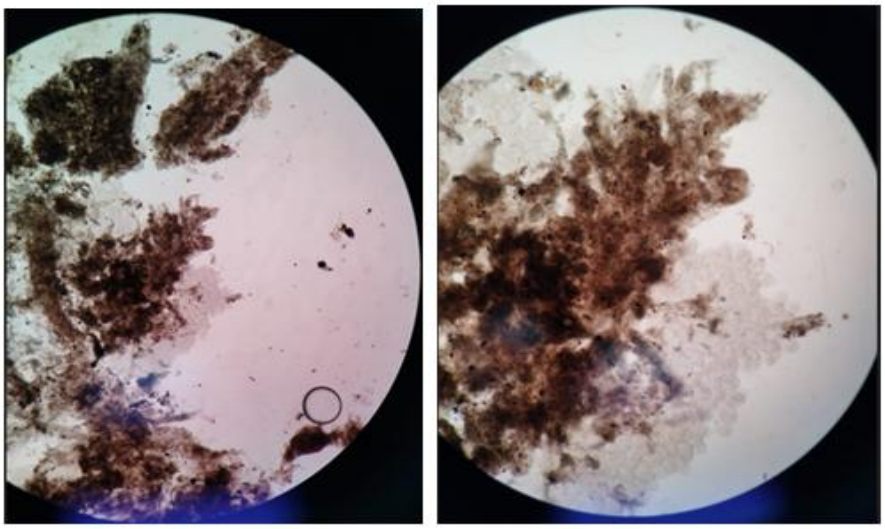
Fonte: Autores (2024).

Figura 9: Protozoários Vorticella sp.



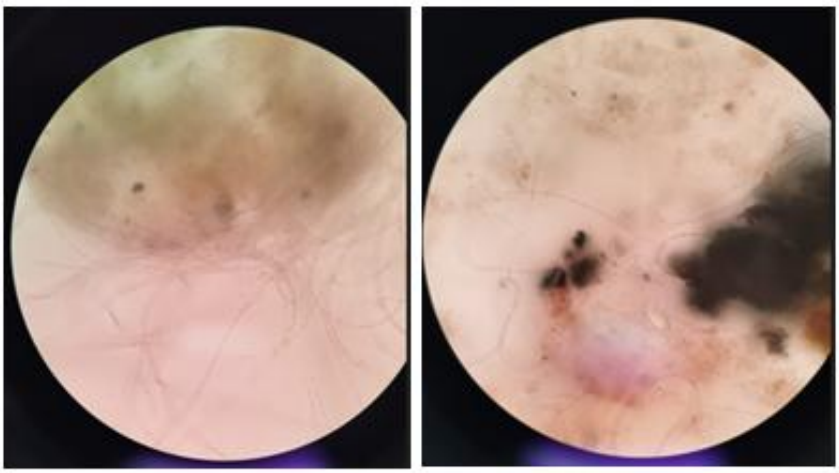
Fonte: Autores (2024).

Figura 10: Flocos biológicos.



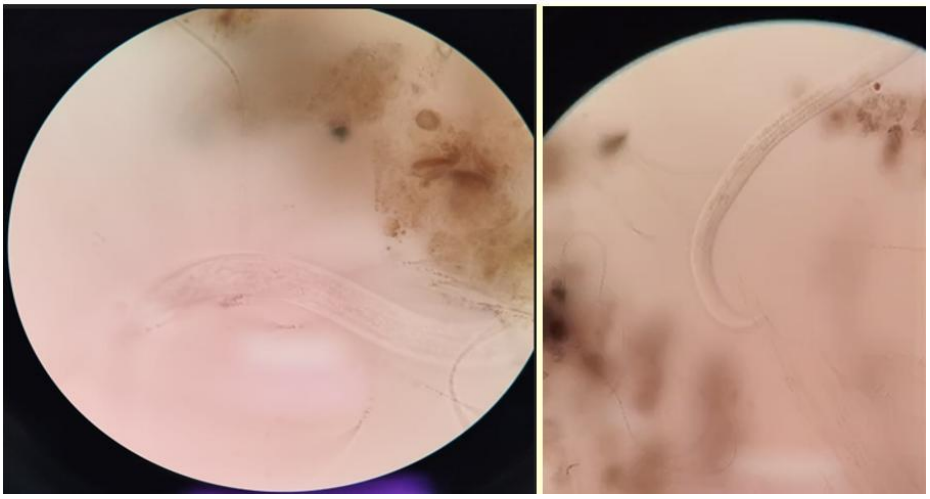
Fonte: Autores (2024).

Figura 11: Bactérias filamentosas.



Fonte: Autores (2024).

Figura 12: Anelídeos no lodo biológico.



Fonte: Autores (2024).

Tabela 5: Resultado da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos na 3ª coleta.

Parâmetros físico-químicos	**Afluente**	**Efluente**	**Eficiência de remoção**
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20 ºC)	112,71 mg O_2/L	101,57 mg O_2/L	9,88 %
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	312,00 mg O_2/L	285,40 mg O_2/L	8,53%
Nitrogênio Total	12,60 mg/L	7,00 mg/L	44,44%
Fósforo Total	45,20 mg P/L	21,70 mg P/L	51,99%
Sólidos Totais (ST)	1013,00 mg/L	868,00 mg/L	14,31%
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	< 2,5 mg/L	< 2,5 mg/L	0,00%
Coliformes Totais	9,2 x 10^8 NMP/100 mL	9,2 x 10^8 NMP/100 mL	0,00%
Escherichia coli (*E. coli*)	9,2 x 10^8 NMP/100 mL	9,2 x 10^8 NMP/100 mL	0,00%

Fonte: Autores (2024).

Os resultados das análises quantitativas dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de afluente e efluente estão na tabela 5. Observa-se que o todos os parâmetros, com exceção dos coliformes totais e E. coli, reduziram após o tratamento biológico.

Média dos resultados das análises dos parâmetros físico-químicos

Na tabela 6, estão descritos as médias dos resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas amostras de afluente e efluente do sistema de tratamento.

Tabela 6: Média dos resultados da análise dos parâmetros físico-químicos realizados nas três coletas.

Parâmetros físico-químicos	**Afluente**	**Efluente**	**Eficiência de remoção**
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20 ºC)	163,57 mg O_2/L	134,72 mg O_2/L	17,64%
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	375,73 mg O_2/L	318,73 mg O_2/L	18,86%
Nitrogênio Total	21,6 mg/L	14,08 mg/L	34,81%
Fósforo Total	18,47 mg P/L	12,80 mg P/L	30,69%
Sólidos Totais (ST)	647,33 mg/L	526,00 mg/L	18,74%
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	25,50 mg/L	18,83 mg/L	26,16%
pH	7,3	7,3	-
Temperatura	23,5 ºC	23,5 ºC	-
Oxigênio Dissolvido (OD)	2,35 mg/L	2,35 mg/L	-

Fonte: Autores (2024).

Resolução CONAMA nº 430/2011

No art. 21 da Resolução CONAMA nº 430/2011 é abordado às condições e padrões de lançamento de efluentes diretamente no corpo receptor.

Para o parâmetro temperatura, a resolução afirma que deve ser “inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura”, os resultados das três coletas demonstraram que esse parâmetro está em conformidade com a Resolução.

Para o parâmetro pH, a resolução afirma que deve ser estar “entre 5 a 9”, os resultados das três coletas demonstraram que esse parâmetro está em conformidade com a Resolução.

Para o parâmetro nitrogênio amoniacal total, a resolução afirma que os valores máximos não podem exceder 20,0 mg/L, apenas os resultados da primeira e terceira coleta estão em conformidade com a Resolução.

Para o parâmetro DBO5 (DBO 5 dias a 20ºC), a resolução afirma que deve ter valor "máximo de 120 mg/L", apenas o resultado da terceira coleta está em conformidade com essa Resolução. Contudo, a resolução também afirma que "sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor", os resultados de nenhuma das coletas possuem eficiência de remoção mínima de 60% apresentando remoção de 20,20%, 19,67% e 9,88% em cada coleta.

Não existem menções aos parâmetros sólidos suspensos voláteis, sólidos totais, oxigênio dissolvido, fósforo total, DQO, coliformes totais e Escherichia coli nessa Resolução.

RESOLUÇÃO CONSEMA Nº 128/2006

No art. 20 da Resolução CONSEMA nº 128/2006 é abordado os padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul em função da vazão:

Para o parâmetro Nitrogênio total, a resolução afirma que para vazões menores que 100 m3/dia, o Nitrogênio Total Kjeldah "deve atender ao valor de concentração de 20 mg/L", apenas os resultados da primeira e terceira coleta estão em conformidade com a Resolução.

Para o parâmetro DQO, a resolução afirma que para vazões menores que 20 m3/dia, "o padrão de emissão do parâmetro DQO é de 400 mg O2/L, os resultados das três coletas demonstraram que esse parâmetro está em conformidade com a Resolução.

Para o parâmetro DBO, a resolução afirma que para vazões menores que 20 m3/dia, o padrão de emissão do parâmetro DBO5 é de 180 mg O2/L, os resultados das três coletas demonstraram que esse parâmetro está em conformidade com a Resolução.

Para o parâmetro Fósforo total, a resolução afirma que para vazões menores que 100 m3/dia, o fósforo "deve atender ao valor de concentração de 4 mg/L", apenas o resultado da segunda coleta está em conformidade com a Resolução.

Para a E. coli e coliformes totais, a resolução afirma que para vazões menores que 100 m3/dia "o padrão de emissão de coliformes termotolerantes ou E. coli deve atender ao valor de concentração de

105 NMP/100 mL", apenas os resultados da primeira e segunda coleta estão em conformidade com a Resolução.

Não existem menções aos parâmetros sólidos suspensos voláteis, sólidos totais, oxigênio dissolvido, pH e temperatura nessa Resolução.

De acordo com Von Sperling (1995), sistemas de tratamento de esgoto sanitário com eficiência de remoção de DQO inferior a 20% é um indicativo que está havendo uma baixa degradação da matéria orgânica, os resultados de nenhuma das coletas estão possuem eficiência de remoção de DQO superior a 20% apresentando remoção de 18,86%, 16,21% e 8,53% respectivamente.

Para Von Sperling (1995), o nitrogênio e o fósforo em altas concentrações podem indicar o fenômeno de eutrofização do sistema, o sistema de tratamento avaliado teve apenas o valor de nitrogênio e fósforo na segunda coleta diferentes das Resoluções, quando foi observado algas, sinalizando baixa propensão de eutrofização nesse sistema.

Os resultados das eficiências de remoção de SSV foram de 25%, 29,41% e 0,00% respectivamente em cada coleta, de acordo com Von Sperling (1995), valores baixos de eficiência de remoção de SSV podem evidenciar fragilidades na eficiência no sistema de tratamento de esgoto sanitário. Já os resultados das eficiências de remoção de ST foram de 9,49%, 40,43% e 14,31% respectivamente em cada coleta; de acordo com Von Sperling (1995), valores baixos de eficiência de remoção de ST podem evidenciar problemas no funcionamento do sistema, precisando de reajustes.

Para o sistema de lodos ativados funcione corretamente, Giordano e Sureus (2015) afirmam que eles precisam que a sua temperatura esteja entre 26 e 35º C, pH entre 6,8 e 8,2 e OD entre 0,5 e 2 mg O2/L. Ao avaliar esses parâmetros em cada coleta, observou-se que apenas o parâmetro pH nas três coletas está em conformidade com os autores. O valor de 0,7 mg/L de OD da segunda coleta demonstrou baixo consumo de oxigênio pelos microrganismos para a degradação da matéria orgânica, caso esse oxigênio dissolvido não aumentar poderia levar esses microrganismos a morte, interferindo na qualidade do sistema de tratamento. Mas ao avaliar a média desses parâmetros, tabela 4, o pH está em conformidade com os autores, o OD demonstrou-se um pouco acima com 2,35 mg/L, e a temperatura demonstrou-se um pouco abaixo com 23,5 ºC.

As baixas eficiências de remoção de DBO e DQO evidenciam, possivelmente, dificuldades dos microrganismos em degradar a matéria orgânica, é esperado que para compensar isso, o OD estivesse

elevado, assim aumentaria a multiplicação dos microrganismos e eles aumentariam a degradação de matéria orgânica, contudo o baixo valor de OD obtido na segunda coleta sugeriu que esses microrganismos estavam em decaimento celular, por isso, possivelmente a baixa eficiência de remoção.

A presença dos protozoários Vorticella sp no sistema de tratamento pode ser uma evidência de baixa oxigenação no sistema e baixa variedade de gêneros de protozoários pode ser um indicativo de que os problemas operacionais desse sistema de tratamento estão selecionando os microrganismos menos sensíveis (ALMEIDA, 2008).

A relação DQO/DBO do esgoto bruto encontrada foi de 2,3, por ser abaixo de 2,5, ele é caracterizado como águas residuárias passíveis de tratamento biológico (MIGUEL, 2020) e pode indicar elevada fração biodegradável passível de tratamento biológico (BRAILE E CAVALCANTI, 1979).

CONCLUSÕES

Por meio do presente trabalho foi possível analisar os parâmetros físico-químicos Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Suspensos Voláteis, Sólidos Totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Temperatura e Potencial Hidrogeniônico e observou que estão em conformidade com a Resolução CONAMA nº 430 os parâmetros temperatura, pH e nitrogênio total estão em conformidade com essa resolução e o parâmetros DBO não está em conformidade com essa resolução.

Quanto a Resolução CONSEMA nº 128, os parâmetros nitrogênio total, DBO, DQO, E. coli e coliformes totais estão em conformidade com essa resolução, o parâmetro fósforo total está parcialmente conforme com essa resolução.

Os demais parâmetros que não foram abordados nessas Resoluções, de acordo com a literatura demonstraram possuir valores elevados.

A eficiência de remoção de SSV e ST está abaixo do esperado pela literatura, evidenciando fragilidades na eficiência no sistema de tratamento de esgoto sanitário e problemas no funcionamento do sistema.

A partir dos resultados de nitrogênio e fósforo observou-se que dificilmente o sistema de tratamento está passando por um processo de eutrofização.

Também foi possível analisar os parâmetros microbiológicos, no afluente e efluente observou-se a presença de coliformes totais e E. coli, com eficiência de remoção alta na primeira e segunda coleta e ausência de remoção na terceira coleta, observou-se a presença de anelídeos, bactérias filamentosas e flocos biológicos dispersos, densos e de cor entre marrom e preto.

Já quanto aos protozoários observou-se dominância da espécie Vorticella sp e presença de diversas bactérias filamentosas nos flocos biológicos no tanque de aeração do sistema piloto da estação de tratamento de esgoto do tipo lodos ativados convencional.

As baixas eficiências de remoção de DBO e DQO demonstraram que os microrganismos estão passando por dificuldades para degradar a matéria orgânica, isso somado ao baixo valor de OD da segunda coleta evidenciou que possivelmente esses microrganismos estavam em decaimento celular.

A avaliação da eficiência do sistema de tratamento biológico demonstrou que o sistema ainda não foi capaz de atingir a eficiência esperada na maioria dos seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos conforme a Resolução CONAMA nº 357 e a literatura, recomendando-se que o sistema passe por melhorias antes que o efluente seja disposto no corpo receptor.

REFERÊNCIAS

1. Almeida, Paulo Rogério Menezes de; ARAUJO, R. A. Microfauna de protozoários como indicador de eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto do tipo lodo ativado. Feira de Santana-BA, v. 117, 2008.

2. Apha, A. P. H. A. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: Byrd Prepress Springfield, p.1134, 2005.

3. Braile, P. M.; Cavalcanti, J. E. W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo, CETESB, 1979.

4. Brands, S.J. 1989-2005. Systema Naturae 2000. Amsterdam, The Netherlands. Disponível em: http://sn2000.taxonomy.nl. Acesso: 15 de abril de 2025.

5. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

6. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

7. Del-Guercio, A. M. F.; Christofoletti, C. A.; Fontanetti, C. S. Avaliação da eficiência do tratamento de efluente doméstico pelo teste do micronúcleo em Oreochromisniloticus (Cichlidae). Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1121-1128, 2017.

8. Diniz, R. B. Lodos ativados aplicados no tratamento de esgoto doméstico e industrial: avaliação de duas ETEs localizadas no município de Juiz de Fora – MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2021.

9. Ferreira, Fabiana Dian; CORAIOLA Márcio. Eficiência do lodo ativado em fluxo contínuo para tratamento de esgoto. Rev. Acad. Ciênc. Anim. 15 de abril de 2008; 6(2):259-7.

10. Giordano, G; Sureus, V. Efluentes industriais: Estudo tratabilidade, PUBLIT, Rio de Janeiro, 2015.

11. Lynn, D.H. 2008. The ciliated Protozoa - characterization, classification, and guide to the literature. 3rd ed. Springer, 605p. PMid:16325540.

12. Miguel, A. A.; Paschoalato, C. F. P. R.; Novaes, L. F. Proposição de reuso da água residuária de uma usina sucroalcooleira situada no interior de São Paulo.

13. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/es>.

14. VON SPERLING, M.V. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de efluentes. 2. ed. Belo Horizonte: ed. UFMG, 1995.

15. VON SPERLING, M.V. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de efluentes. 4. ed. Belo Horizonte: ed. UFMG, 2014.

Capítulo 3

10.37423/260511002

PRESSÃO URBANÍSTICA E RESPOSTAS LIMNOLÓGICAS: EUTROFIZAÇÃO E ESTRUTURA FITOPLANCTÔNICA DO LAGO VACA BRAVA (GOIÂNIA, GO)

Thalita Chelly de Araujo Maranha

Universidade Federal de Goias

Nora Katia Saavedra Hoffman

Universidade Federal de Goias



RESUMO

A urbanização acelerada e a verticalização em áreas centrais de Goiânia exercem intensa pressão sobre ecossistemas aquáticos urbanos, comprometendo a qualidade ambiental. Este estudo avaliou a influência da impermeabilização do solo e da ocupação no Lago do Parque Vaca Brava (Goiânia, GO), com ênfase na relação entre o entorno urbanizado e a estrutura fitoplanctônica. Foram realizadas coletas em dois pontos distintos do lago durante o período chuvoso, abrangendo análises físico-químicas (pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez e DBO) e identificação de gêneros fitoplanctônicos. Os resultados revelaram diferenças espaciais marcantes: o ponto de entrada do afluente (P1) apresentou DBO elevada (3,48 mg O_2/L), associada ao aporte de matéria orgânica, enquanto o ponto central (P2) registrou alcalinidade acentuada (pH=9,87) e dominância de cianobactérias, incluindo Microcystis sp., bioindicador clássico de eutrofização. As imagens aéreas evidenciam a intensa verticalização e a perda de áreas permeáveis no entorno imediato, confirmando a correlação entre pressão antrópica e degradação limnológica. O estudo reforça a urgência de medidas de gestão urbana e monitoramento ambiental para mitigar os impactos do crescimento imobiliário e preservar os serviços ecossistêmicos fornecidos pelo lago.

Palavras-chave: Verticalização Urbana, Eutrofização, Lago Urbano, Cianobactérias.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos urbanos desempenham papel estratégico na manutenção da qualidade ambiental e na oferta de serviços ecossistêmicos às populações. No entanto, o crescimento acelerado das cidades brasileiras tem intensificado pressões sobre esses ambientes, especialmente em áreas sujeitas à verticalização e à impermeabilização do solo (OLIVEIRA; HOFFMANN, 2024). Lagos e reservatórios inseridos em áreas densamente urbanizadas, como o Lago do Parque Vaca Brava em Goiânia (GO), refletem diretamente os efeitos desse modelo de ocupação, atuando como receptores de poluentes transportados pelo escoamento superficial e por lançamentos difusos ou pontuais (MOREIRA et al., 2023; RIZZO et al., 2022).

O Parque Vaca Brava, localizado entre os bairros Jardim América e Setor Bueno, constitui uma das principais áreas verdes da capital goiana. Cercado por edificações verticais de alta densidade populacional, apresenta uma configuração típica de espaço natural submetido a pressões urbanísticas. A impermeabilização excessiva do entorno compromete a infiltração e amplia o transporte de nutrientes, sedimentos e matéria orgânica para o lago, favorecendo processos de eutrofização e alteração da biodiversidade aquática (SANTOS; HOFFMANN, 2024).

Do ponto de vista ecológico, a disponibilidade de nutrientes é o principal fator controlador da produtividade primária e da estrutura das comunidades aquáticas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Em ecossistemas urbanos sob forte pressão antrópica, a proliferação de cianobactérias, incluindo gêneros potencialmente produtores de toxinas como Microcystis sp., é frequentemente relatada e representa riscos diretos para a saúde pública e para a qualidade da água (D'ALESSANDRO et al., 2015). Por sua vez, o fitoplâncton constitui um bioindicador sensível das condições limnológicas, respondendo rapidamente a variações físico-químicas e refletindo a pressão ambiental exercida sobre o corpo hídrico (MARGALEF, 1983; D'ALESSANDRO et al., 2020).

Embora estudos anteriores tenham analisado a composição fitoplanctônica do Lago Vaca Brava, ainda são escassas as abordagens que integram a configuração urbanística local (verticalização, impermeabilização do solo e ausência de cobertura ripária) às respostas ecológicas do lago. Neste sentido, este estudo teve como objetivo avaliar a influência da pressão urbanística no entorno do Parque Vaca Brava sobre a qualidade da água e a estrutura fitoplanctônica do lago, articulando análises físico-químicas, registros biológicos e evidências visuais obtidas por drone.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Lago do Parque Vaca Brava está localizado na região sul da cidade de Goiânia (GO), entre os bairros Jardim América e Setor Bueno. O parque possui área aproximada de 77.760 m², caracterizando-se como um espaço verde urbano cercado por edificações verticais e intenso adensamento populacional. Esse entorno altamente impermeabilizado influencia diretamente a dinâmica limnológica do lago, que recebe aporte de escoamento superficial e descargas difusas de poluentes.

As coletas foram realizadas em dois pontos distintos: Ponto 1 (16°42’33”S; 49°16’15”W), localizado na porção mais próxima à entrada de afluentes e escoamento superficial, representando a área de maior aporte de matéria orgânica e poluentes, e Ponto 2 (16°42’31”S; 49°16’18”W), situado na região central do lago, refletindo a condição limnológica do corpo hídrico principal, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Vista aérea do Lago do Parque Vaca Brava (Goiânia – GO), com destaque para os pontos de amostragem: P1 (16°42’33”S; 49°16’15”W) e P2 (16°42’31”S; 49°16’18”W).



Fonte: Autores (2025).

Figura 2 - Imagem aérea do Lago do Parque Vaca Brava (Goiânia – GO).



Fonte: Autores (2025).

Coleta de Amostras

As amostras de água do lago Vaca Brava foram coletadas em dois pontos distintos para caracterizar morfologicamente as algas presentes, avaliar a influência dos efluentes lançados ao longo do perímetro urbano e a qualidade ambiental do lago.

A coleta de amostras foi realizada no dia 7 de novembro de 2024, durante o período chuvoso, em dois pontos distintos do lago (Figuras 1 e 2).

Para as comunidades fitoplanctônicas, em cada ponto foram coletadas duas amostras em frascos de vidro de 100 ml: uma analisada imediatamente no laboratório utilizando um microscópio convencional e a outra preservada com lugol para análise posterior em microscópio invertido marca Olympus.

Parâmetros físico-químicos

As análises laboratoriais foram realizadas em duplicata para garantir a confiabilidade dos dados e permitir uma comparação detalhada das análises. As amostras coletadas em frascos de plástico de 500 ml foram submetidas a análises físico-químicas, conforme os protocolos da APHA (2012). As análises físico-químicas incluíram pH, temperatura, condutividade elétrica e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Tabela 1). Durante o processo, foi registrado que a temperatura da água no dia da coleta foi de

25°C, e os resultados foram avaliados conforme os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 1- Parâmetros físico-químicos, unidades, equipamentos e métodos utilizados.

Parâmetro	Unidade	Equipamento	Método de Análise
Temperatura da água	°C	Termômetro de mercúrio	Leitura direta no campo
pH	-	pHmetro	Potenciométrico (APHA, 2012)
Condutividade elétrica	µS/cm	Condutivímetro digital	Potenciométrico (APHA, 2012)
Turbidez	NTU	Turbidímetro digital	Método nefelométrico
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5)	mg/L	Incubadora + frascos BOD	Diluição (APHA, 2012)

Fonte: Autores (2025).

Os dados foram comparados com a Resolução Conama 357/05 para verificar os limites permitidos.

Comunidades fitoplanctônicas

A quantificação do fitoplâncton foi realizada utilizando o método de Utermöhl, com a contagem das células e/ou unidades (colonias, filamentos) em câmera de sedimentação. A identificação taxonômica foi realizada em nível de gênero, recorrendo a chaves taxonômicas especializadas (exemplo: Hustedt, Komárek & Anagnostidis, etc.). A abundância foi calculada em ind/mL (indivíduos por mililitro).

Registro da Pressão Antrópica (Imagens de Drone)

Para complementar a análise, foram obtidas imagens aéreas de alta resolução por meio de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT – drone). As fotografias registraram o entorno imediato do lago, destacando a verticalização urbana, a redução da permeabilidade do solo e a supressão da vegetação ripária. Esse material foi utilizado como evidência visual para correlacionar a pressão urbanística com os padrões limnológicos observados.

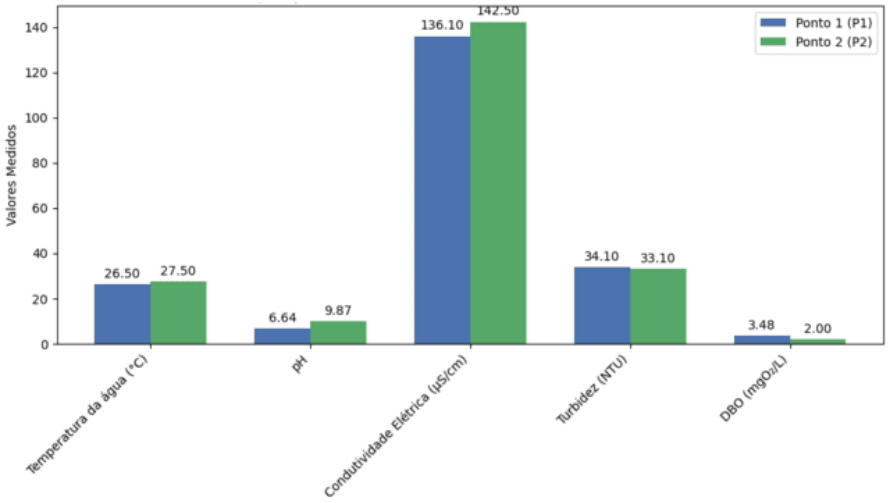
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização físico-química da água é essencial para compreender os processos ecológicos que ocorrem em ambientes aquáticos urbanos. No Lago Vaca Brava, os dados obtidos durante o período chuvoso revelaram diferenças significativas entre os pontos amostrados (P1 e P2), refletindo a influência da urbanização e da dinâmica hidrológica local.

O gráfico 1 a seguir apresenta uma comparação direta entre os principais parâmetros físico-químicos analisados, que são temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com suas respectivas unidades de medida.

Essa visualização permite identificar padrões como o pH extremamente alcalino em P2 (9,87), possivelmente associado à intensa atividade fotossintética, e a DBO elevada em P1 (3,48 mgO_2/L), indicando, possivelmente, maior carga de matéria orgânica. Tais variações são indicativas de processos de eutrofização e reforçam a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade da água.

Gráfico 1 – Comparação dos Parâmetros Físico-Químicos no Período Chuvoso entre os pontos P1 e P2.



Fonte: Autores (2025).

Os dados obtidos no Lago Vaca Brava durante o período chuvoso (Gráfico 1) revelaram uma acentuada heterogeneidade limnológica entre os pontos amostrados, um indicador direto da má distribuição da carga de estresse no corpo hídrico.

O Ponto 1 (P1), localizado na área de maior afluência de escoamento superficial, registrou o valor mais elevado de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO=3,48 mgO2/L). Este valor, em comparação com estudos anteriores na região (OLIVEIRA; HOFFMANN, 2024), indicaram um aporte significativo de matéria orgânica não estabilizada. O processo de decomposição dessa matéria orgânica consome o

oxigênio dissolvido, o que classifica o P1 como uma área dominada por processos heterotróficos de degradação. Paralelamente, a Turbidez em P1 apresentou valores superiores, indicando maior transporte de sedimentos e material particulado inorgânico, típico de áreas com alta perturbação no solo e ausência de mata ciliar efetiva (SANTOS; HOFFMANN, 2024).

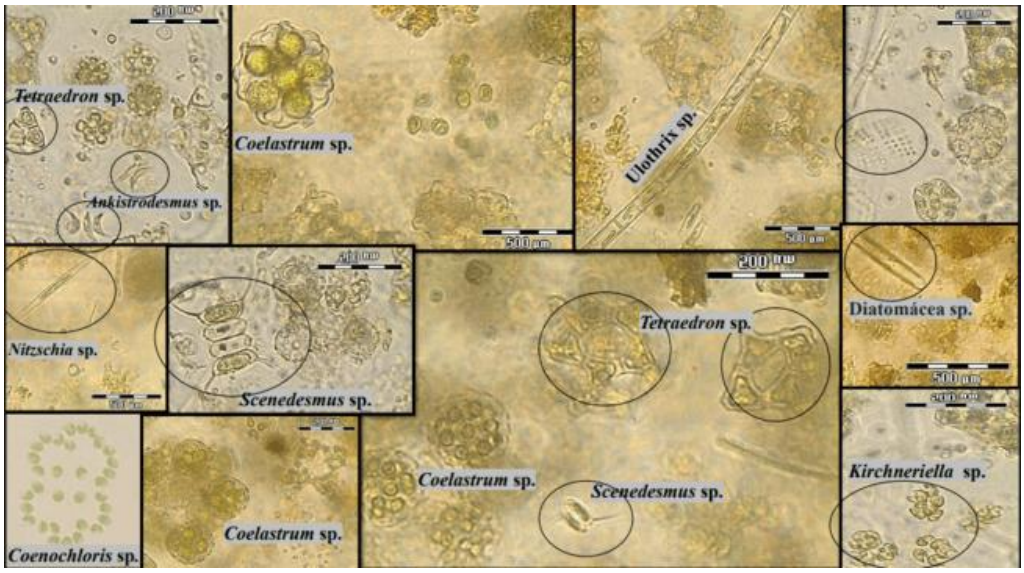
Em contraste, o Ponto 2 (P2), situado na região central do lago, apresentou um pH extremamente alcalino (9,87). Tais valores são significativamente superiores aos encontrados em ambientes equilibrados e são frequentemente associados à intensa atividade fotossintética da comunidade fitoplanctônica (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). O consumo excessivo de dióxido de carbono dissolvido durante a fotossíntese de pico eleva o pH da água, indicando uma dominância de processos autotróficos intensos.

Embora a Condutividade Elétrica e a Temperatura não tenham apresentado variações extremas entre os pontos, o contraste DBO (em P1) versus pH (em P2) é uma evidência robusta de que o estresse urbano entra no lago pelo P1 e se manifesta ecologicamente como eutrofização no P2 (RIZZO et al., 2022).

A identificação das comunidades fitoplanctônicas foi realizada por meio de microscopia óptica, permitindo observar a diversidade de gêneros presentes nos pontos amostrados do Lago Vaca Brava. As imagens a seguir ilustram parte dessa diversidade, com destaque para representantes das classes Chlorophyceae, Cyanophyceae e Bacillariophyceae, que dominam os ambientes de água doce.

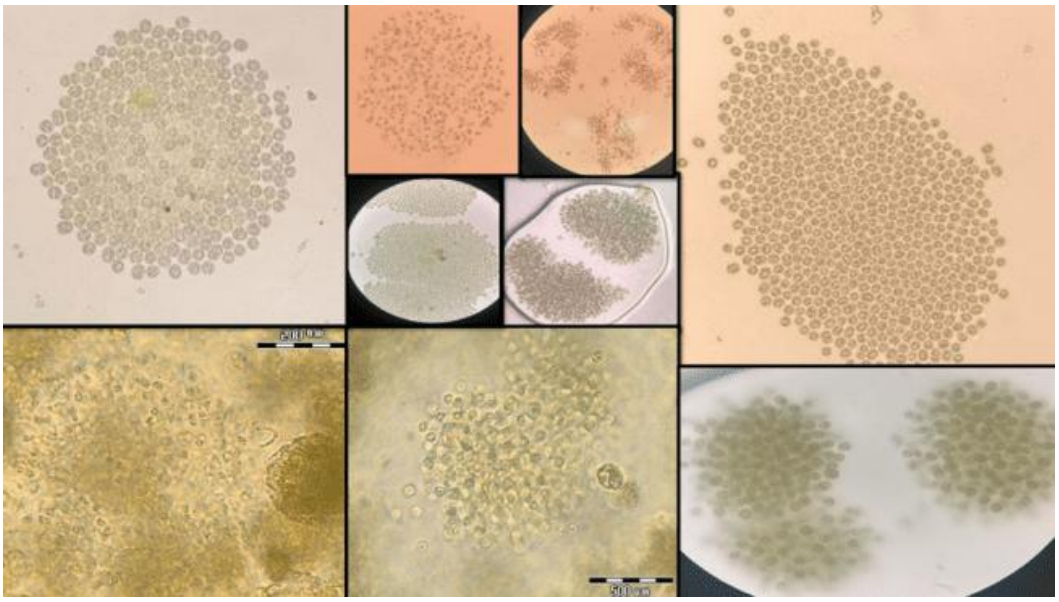
Entre os táxons observados a seguir, destaca-se a presença de Microcystis sp., uma cianobactéria amplamente reconhecida como bioindicadora de ambientes eutrofizados. Sua ocorrência em abundância, especialmente no ponto central do lago (P2), reforça os indícios de enriquecimento por nutrientes e alerta para possíveis riscos à saúde pública, dada sua capacidade de produzir toxinas. As Figuras 3 e 4 ilustram parte dessa diversidade, com especial destaque para a morfologia de Microcystis sp., que tende a formar colônias robustas sob condições de estresse.

Figura 3 - Registros microscópicos de algumas comunidades fitoplanctônicas observadas.



Fonte: Autores (2025).

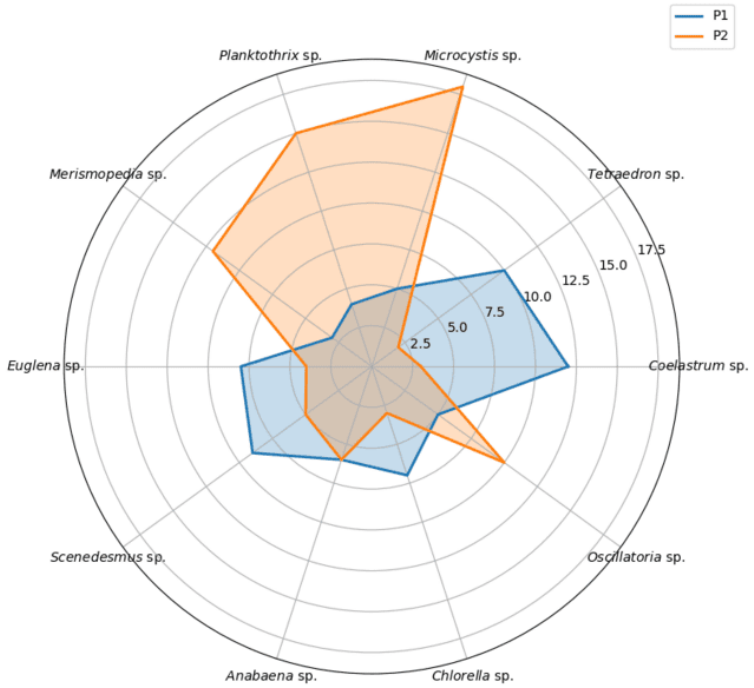
Figura 4 - Registros microscópicos de Microcystis sp.



Fonte: Autores (2025).

A análise da composição fitoplanctônica nos pontos amostrados do Lago Vaca Brava revelou diferenças marcantes na estrutura das comunidades, refletindo a influência das condições ambientais locais e da pressão antrópica. Para representar visualmente essas variações, foi elaborado um gráfico de radar que sintetiza a abundância relativa dos principais gêneros de algas identificados nos pontos P1 (próximo à nascente) e P2 (região central do lago).

Gráfico 2 – Distribuição relativa dos principais gêneros de algas nos pontos P1 e P2 do Lago Vaca Brava.



Fonte: Autores (2025).

O Gráfico 2 (Distribuição Relativa) demonstra a clara diferenciação das comunidades, reforçando a heterogeneidade ecológica. No Ponto 1 (P1), a abundância relativa é dominada por gêneros de clorofíceas como Coelastrum sp. e Tetraedron sp., que podem indicar condições de transição ou a influência do aporte turbulento. Contudo, a estrutura em P2 é marcada pela dominância expressiva de cianobactérias, incluindo Microcystis sp., Planktothrix sp. e Merismopedia sp. (D'ALESSANDRO et al., 2015).

A análise ambiental não se limita aos resultados limnológicos; ela exige a integração da evidência visual para fechar o ciclo de degradação. As imagens aéreas obtidas por drone (Figuras 5, 6, 7 e 8) mostram de forma objetiva e espacial a pressão antrópica.

Figura 5 - Imagem aérea do Lago do Parque Vaca Brava (Goiânia – GO).



Fonte: Autores (2025).

Figura 6 - Imagem aérea do Lago Vaca Brava e seu entorno urbano.



Fonte: Autores (2025).

Figura 7 - Imagem aérea do Lago Vaca Brava e seu entorno urbano.



Fonte: Autores (2025).

As imagens revelam de forma clara e objetiva a verticalização das construções e o adensamento populacional no entorno do lago. Esta configuração urbana de alta densidade e a substituição maciça de áreas verdes por estruturas impermeabilizadas são o mecanismo de causa (ALVES et al., 2018).

Esta alteração morfológica intensifica o escoamento superficial durante os eventos de chuva, conforme previsto na literatura (MOREIRA et al., 2023), transportando sedimentos, matéria orgânica e poluentes diretamente para o corpo hídrico. A ausência de zonas de amortecimento ripário e a proximidade de vias pavimentadas e edifícios de grande porte contribuem para a degradação da qualidade da água, resultando no desequilíbrio limnológico quantificado em P1 (alta DBO) e na resposta biológica observada em P2 (eutrofização e Microcystis sp.). Portanto, a integridade ecológica do Lago Vaca Brava é diretamente proporcional à intensidade da verticalização urbana em sua bacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O presente estudo avaliou a qualidade da água e a estrutura da comunidade fitoplanctônica do Lago do Parque Vaca Brava, em Goiânia, demonstrando uma correlação direta entre a pressão antrópica do entorno e o desequilíbrio ecológico do corpo hídrico.

- As imagens aéreas obtidas por drone forneceram uma evidência visual da verticalização urbana acelerada e da impermeabilização do solo que circundam o Lago. Esta morfologia urbana reforça a via de aporte de poluentes e matéria orgânica via escoamento superficial.

- Foi verificada uma marcante heterogeneidade limnológica entre os pontos amostrados. O Ponto 1 (P1), sob maior influência de afluência, apresentou alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO=3,48 mg O2/L), indicando a entrada de matéria orgânica. Em contraste, o Ponto 2 (P2) exibiu uma extrema alcalinidade (pH=9,87).

- O contraste entre os pontos culmina no corpo hídrico central (P2), que se encontra em um possível estado de eutrofização. A comunidade fitoplanctônica neste ponto é dominada pelas Cianobactérias, com significativa presença de gêneros como Microcystis sp.. Este domínio é uma resposta biológica à alta disponibilidade de nutrientes e à intensa atividade fotossintética, evidenciada pelo elevado pH.

- A dominância de cianobactérias em P2, muitas delas potencialmente tóxicas, representa um risco para a saúde pública e para a integridade ecológica do parque, o que exige medidas de manejo urgentes.

RECOMENDAÇÕES

O controle da qualidade da água deve começar na bacia de drenagem. Assim, é imperativa a revisão das normativas municipais, especialmente o Plano Diretor e os Códigos de Obra, visando restringir a verticalização e promover a permeabilidade do solo no entorno imediato. É crucial que a autoridade sanitária conduza uma investigação detalhada para identificar e mitigar lançamentos pontuais de efluentes que elevam a carga orgânica e o desequilíbrio químico do lago.

No campo da pesquisa, e apesar dos fortes indícios de eutrofização (alto pH, DBO e dominância de Microcystis sp.), a consolidação do diagnóstico exige a expansão do monitoramento. É fundamental incluir a determinação das concentrações de nutrientes limitantes (Fósforo Total e Nitrogênio Total) para classificar o estado trófico do lago. Por fim, dada a potencial toxicidade das cianobactérias, a realização de análises de cianotoxinas (microcistinas) durante os picos de floração deve ser implementada para quantificar o risco sanitário e subsidiar decisões de saúde pública.

REFERÊNCIAS

ALVES, W. S., et al. (2018). Análise do grau de trofia no Ribeirão das Abóboras, no município de Rio Verde, Sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. GEOAMBIENTE ON-LINE, Jataí-GO, n. 32, p. 1-23.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2005). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília, DF: Diário Oficial da União.

D'ALESSANDRO, E. B., D'ALESSANDRO, N. C. O., & SAAVEDRA DEL AGUILA, N. K. (2015). Diversidade de Microalgas e Cianobactérias em Lagoas de Estabilização. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES.

D'ALESSANDRO, E. B., NOGUEIRA, I. S., & SAAVEDRA DEL AGUILA HOFFMANN, N. K. (2020). Variability in phytoplankton community structure and influence on stabilization pond functioning. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 15(2), 1-15. DOI: 10.4136/ambi-agua.2507.

MADEIRA, R. P., & PIVOTO, A. S. (2023). Parque Urbano e Serviços Ecossistêmicos Culturais: Um Estudo Sobre o Parque Natural Municipal da Lajinha no Município de Juiz de Fora - Minas Gerais. GEOAMBIENTE ON-LINE, Jataí-GO, n. 47, p. 1-21.

MOREIRA, D. A., SOUZA, J. A. R. D., COSTA, L. G., & SILVA, E. L. (2023). Captação de Água Pontual e Sazonalidade na Qualidade da Água: Estudo de Caso da Microbacia do Ribeirão Palmital. GEOAMBIENTE ON-LINE, Jataí-GO, n. 47, p. 1-10.

OLIVEIRA, N. S., & SAAVEDRA DEL AGUILA HOFFMANN, N. K. (2024). Qualidade Ambiental do Lago Vaca Brava - Goiânia. In: XV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belém: ConGeA.

RIZZO, F. A., et al. (2022). Índice de Qualidade da Água e do Estado Trófico da Bacia Hidrográfica do Córrego Pequiá – MA. GEOAMBIENTE ON-LINE, Jataí-GO, n. 43, p. 1-15.

SANTOS, C. D., & SAAVEDRA DEL AGUILA HOFFMANN, N. K. (2024). Comunidades Fitoplanctônicas no Lago do Parque Vaca Brava, Goiânia. In: XV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belém: ConGeA.

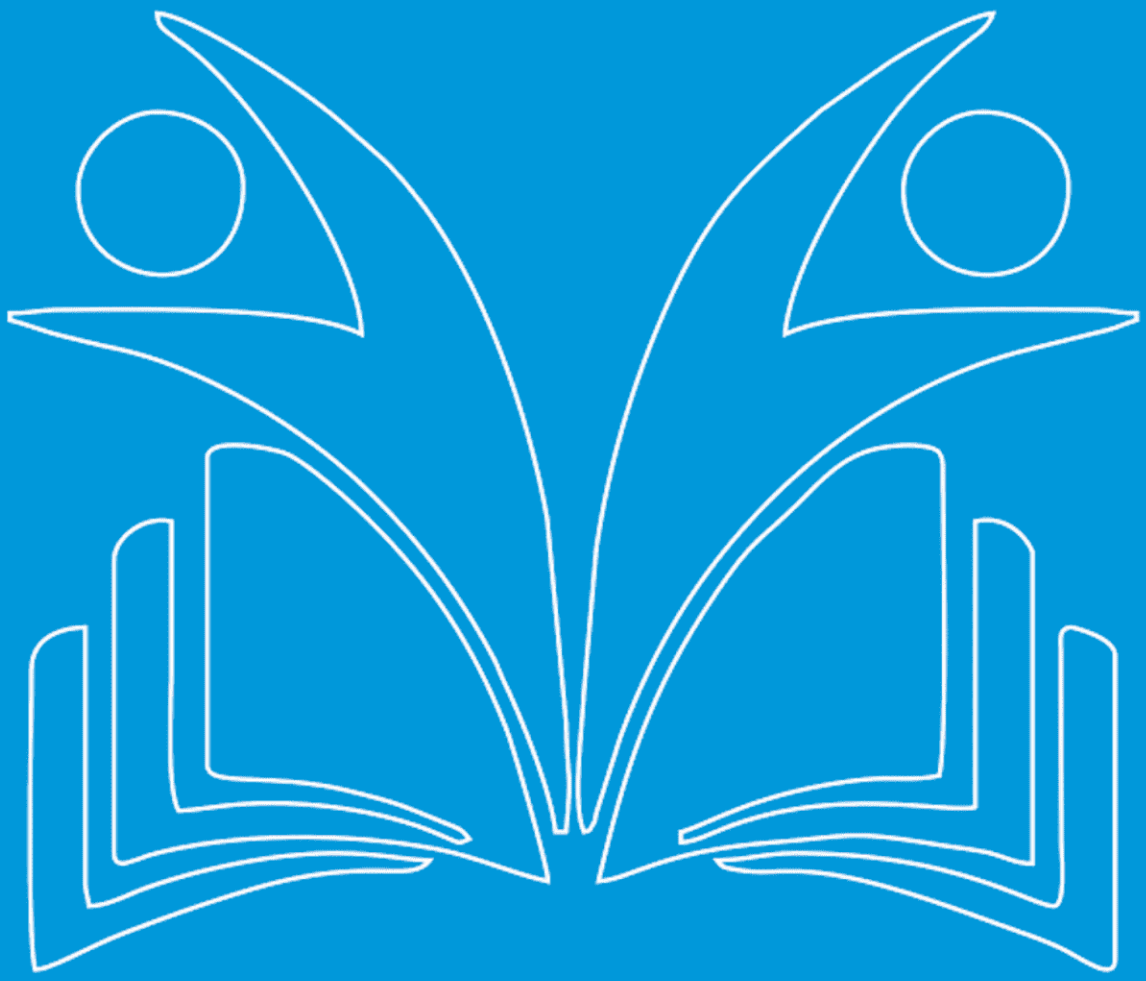
TUNDISI, J. G., & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008). Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos.

Capítulo 4

10.37423/260511003

MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL PARA A AGRICULTURA FAMILIAR

Antonio Gilson Gomes Mesquita — *Universidade Federal do Acre*



INTRODUÇÃO

A agricultura familiar desempenha um papel crucial na produção de alimentos e na segurança alimentar global. Em regiões com condições climáticas adversas, como por exemplo, o semiárido nordestino, a necessidade de variedades de plantas adaptadas a esses ambientes é ainda mais crucial. O melhoramento genético participativo (MGP) surge como uma abordagem promissora para atender a essa demanda, combinando o conhecimento tradicional dos agricultores com os princípios científicos do melhoramento genético. Diferentemente do melhoramento convencional, que muitas vezes prioriza o ganho de produtividade em detrimento de outros fatores, o MGP busca desenvolver variedades que atendam às necessidades específicas dos agricultores familiares, considerando suas preferências, seus sistemas de produção e os desafios ambientais locais.

O Melhoramento Genético Participativo (MGP) teve suas origens em 1967, quando Jim Shepherd, na Austrália, e AGH Parker, na Nova Zelândia, iniciaram os "Programas de Melhoramento em Grupo (PMG)" como resposta à insatisfação com os métodos tradicionais de melhoramento genético. Este movimento buscava envolver os agricultores no processo de seleção e desenvolvimento de variedades que atendessem melhor às suas necessidades e condições locais24.

Na década de 1970, o PMG se expandiu para outros países, incluindo África do Sul e Grã-Bretanha, ampliando o alcance do conceito2. A evolução do PMG foi significativa na década de 1980, quando a introdução da metodologia BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) possibilitou a criação de esquemas de reprodutores referência, aumentando a precisão na seleção genética.

Em 1990, o conceito de PMG foi reformulado e consolidado sob o termo "Melhoramento Genético Participativo", que permanece em uso até hoje. Essa abordagem enfatiza a colaboração entre melhoristas e agricultores, permitindo que o conhecimento local e as práticas tradicionais sejam integrados ao processo de melhoramento genético. O MGP não apenas busca aumentar a produtividade agrícola, mas também visa a conservação da diversidade genética e a adaptação das variedades às condições locais, promovendo assim a segurança alimentar e a sustentabilidade.

Essa modalidade de melhoramento começou a ser desenvolvida no início da década de 1990 e tem como elemento central a integração dos conhecimentos, habilidades, experiências, práticas e preferências dos agricultores. Ela fundamenta-se na genética vegetal convencional, fitopatologia e

economia, ao mesmo tempo que incorpora aspectos da antropologia, sociologia, saberes dos produtores e princípios de pesquisa de mercado e desenvolvimento de produtos.

O MGP se fundamenta na premissa de que os agricultores possuem um profundo conhecimento do seu ambiente e das variedades que cultivam. Esse conhecimento, acumulado ao longo de gerações, é essencial para a identificação de características desejáveis em novas variedades e para a seleção de plantas mais adequadas às condições locais. Ao integrar esse saber tradicional aos conhecimentos científicos do melhoramento genético, o MGP busca desenvolver variedades mais adaptadas, com maior produtividade, qualidade nutricional e resistência a pragas e doenças.

Além dos benefícios diretos para a produção agrícola, o MGP promove a conservação da agrobiodiversidade, a autonomia das comunidades rurais e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Ao valorizar e integrar o conhecimento local, o MGP estimula a troca de saberes entre agricultores e pesquisadores, fortalecendo os laços entre a ciência e a agricultura familiar.

Este artigo apresenta uma revisão abrangente sobre o MGP, explorando seus princípios, metodologia, aplicações e impactos. Com base em uma análise crítica da literatura científica, o estudo busca demonstrar a importância do MGP para a promoção de uma agricultura familiar mais sustentável e resiliente.

MATERIAL E MÉTODOS

A base deste estudo consiste em uma revisão aprofundada da literatura científica sobre o tema do Melhoramento Genético Participativo. A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados online, como Scopus, Web of Science e Google Acadêmico, utilizando palavras-chave como "melhoramento genético participativo", "agricultura familiar", "sustentabilidade" e "agrobiodiversidade". Além disso, foram consultados documentos técnicos e dissertações relevantes para o tema.

A seleção dos materiais incluiu artigos publicados em periódicos científicos, capítulos de livros, relatórios de pesquisa e outros documentos que abordam os princípios, a metodologia e as aplicações do MGP. A análise dos documentos selecionados buscou identificar os principais conceitos, métodos e resultados relacionados ao MGP, com foco em sua relevância para a agricultura familiar e a sustentabilidade.

DISCUSSÃO

O MGP se destaca como uma abordagem inovadora que reconhece o papel central dos agricultores no processo de desenvolvimento de novas variedades. Em contraste com o melhoramento convencional, onde os agricultores geralmente assumem um papel passivo, o MGP incentiva a participação ativa dos agricultores em todas as etapas do processo, desde a definição dos objetivos de seleção até a avaliação das variedades em seus próprios campos.

O melhoramento participativo possui diversos objetivos, que se estendem além dos do melhoramento formal ou convencional. Entre suas metas estão o aumento da produtividade, que é comum ao melhoramento convencional, a conservação e promoção da biodiversidade por meio da criação de variabilidade genética, e a obtenção e desenvolvimento de germoplasma adaptado, seja por meio de variedades modernas ou locais, dependendo das necessidades dos usuários, especialmente aqueles menos favorecidos, como mulheres e agricultores de baixa renda.

Outras metas incluem a seleção dentro de populações, a avaliação experimental de variedades (PVS – seleção participativa de variedades), o lançamento e a divulgação de novas variedades, a diversificação do sistema produtivo e a produção de sementes. A estrutura organizacional desse processo é totalmente descentralizada, com o trabalho sendo realizado em colaboração com grupos de produtores e comunidades agrícolas. O lançamento formal de variedades pode ou não ocorrer, e a difusão das sementes acontece tanto em contextos formais quanto locais.

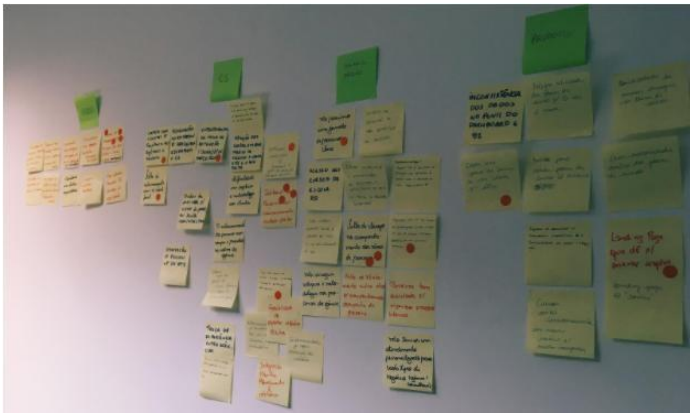
A participação dos agricultores é fundamental para garantir que as novas variedades atendam às suas necessidades e preferências específicas. As características desejáveis em uma variedade podem variar significativamente entre diferentes comunidades e sistemas de produção, considerando fatores como adaptação ao clima, resistência a pragas e doenças, qualidade nutricional, sabor, formato e tamanho. O MGP reconhece essa diversidade de necessidades e busca desenvolver variedades que sejam adequadas à realidade local.

O MGP se baseia na utilização de uma variedade de ferramentas participativas que facilitam a comunicação e a interação entre agricultores e pesquisadores. Algumas das ferramentas mais utilizadas no MGP incluem:

a) Tempestade de Ideias: O objetivo dessa ferramenta é permitir que os agricultores familiares definam os critérios (características das plantas) para avaliação e seleção. Nesse processo, o grupo de

agricultores identifica as características das plantas, ou de partes delas, que consideram mais relevantes para seus contextos específicos. A aplicação da ferramenta envolve a distribuição de uma quantidade igual de cartões de papel para cada agricultor. Eles anotam, nesses cartões, os critérios que julgam mais importantes. Posteriormente, os cartões com critérios semelhantes são agrupados e contabilizados, permitindo a definição dos principais critérios com base nas visões e preferências dos agricultores;

Figura 1 – Ferramenta de Tempestade de Ideias (Brainstorming)



Fonte: https://www.rdstation.com/blog/agencias/o-que-e-brainstorming/

b) Matriz de Classificação: Essa ferramenta permite a seleção de variedades com base em características específicas e, posteriormente, a comparação e ranqueamento entre elas. O processo consiste na criação de uma matriz, onde os critérios definidos na ferramenta de tempestade de ideias são dispostos nas linhas e as variedades nas colunas. Cada agricultor recebe a mesma quantidade de grãos, independentemente da espécie, para que possa votar individualmente nas variedades conforme cada critério. Se um agricultor considera que uma variedade é superior a outra em relação a um determinado critério, ele coloca um maior número de grãos no quadrado correspondente da matriz. Ao final do processo, a quantidade de grãos em cada coluna é contada, resultando na nota total da variedade. Da mesma forma, a contagem é realizada por linha para determinar o valor total de cada critério;

Figura 2 – Ferramenta participativa matriz de classificação para seleção de materiais com base nos critérios definidos pelos agricultores na ferramenta tempestade de ideias, seguida da Matriz com os totais resultantes da preferência dos agricultores.



Fonte: Maria Aldete Justiniano da Fonseca Ferreira

c) Seleção com Espetos de Madeira: Essa ferramenta possibilita a seleção de plantas ou partes de plantas, tanto no campo quanto em casas-de-vegetação, além de mudas em viveiros. O método consiste em distribuir uma quantidade igual de espetos de madeira para cada agricultor, que, com base em seus próprios critérios ou aqueles definidos na ferramenta de tempestade de ideias, identificam as plantas ou partes de suas preferências. O processo pode ser encerrado nessa etapa se o objetivo for apenas avaliar as plantas. No entanto, se a intenção incluir a seleção de frutos, o número de espetos colocados em cada planta é contado, assim como nos frutos das plantas mais votadas, cuja quantidade é determinada pelos agricultores. Esses frutos podem ser avaliados utilizando esta ferramenta ou outra, como a Matriz de Classificação; e

Figura 3 – uso da ferramenta participativa "espetos de madeira" para seleção de materiais no campo, com a qual o agricultor faz sua opção, seguida da planta selecionada que obteve o maior número de espetos.



Fonte: Maria Aldete Justiniano da Fonseca Ferreira

d) Diagnóstico Rural Participativo (DRP): O DRP é um conjunto de técnicas que visam o envolvimento da comunidade na identificação de seus problemas, necessidades, recursos e potencialidades. Através do DRP, os agricultores podem expressar suas prioridades em relação ao desenvolvimento de novas variedades, e os pesquisadores podem obter informações sobre o sistema de produção local, as práticas agrícolas tradicionais e os conhecimentos dos agricultores.

Figura 4 – Diagnóstico Rural Participativo traça sonhos e planejamento para assentamento Laje, no Espírito Santo.



Fonte: Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade e Instituto de Pesquisas Ecológicas (ESCAS/IPÊ).

A aplicação do MGP tem demonstrado resultados promissores na obtenção de variedades adaptadas a diferentes realidades, com ganhos em produtividade, qualidade e resistência a pragas e doenças. Estudos demonstram que variedades desenvolvidas por meio do MGP apresentam maior aceitação pelos agricultores, o que contribui para a sua rápida difusão e adoção.

Alguns exemplos do sucesso do MGP podem ser encontrados em diversas culturas e regiões do Brasil, a saber:

1) Bucha Vegetal: O desenvolvimento de variedades de bucha vegetal (Luffa cylindrica) adaptadas ao cultivo orgânico no norte de Minas Gerais. A Embrapa, em colaboração com agricultores familiares, utilizou o MGP para selecionar variedades que apresentassem características como alta produtividade, frutos de boa qualidade para artesanato e adaptação ao sistema de produção orgânico;

2) Milho: O desenvolvimento de variedades de milho crioulo adaptadas às condições do oeste catarinense, com foco na resistência a pragas e doenças, alta produtividade e qualidade nutricional. O programa de MGP, coordenado pela Universidade Federal de Santa Catarina, envolveu a participação de agricultores familiares em todas as etapas do processo, resultando em variedades que atendem às necessidades específicas da região;

3) Goiabeira-Serrana: O desenvolvimento de variedades de goiabeira-serrana (Acca sellowiana) adaptadas às condições climáticas e de solo da Serra Gaúcha. O programa de MGP, realizado em parceria com o Centro Ecológico, uma ONG local, buscou selecionar variedades com características como alta produtividade, frutos de boa qualidade, resistência a doenças e adaptação aos sistemas agroflorestais da região; e

4) Feijão-Caupi: O desenvolvimento de variedades de feijão-caupi (Vigna unguiculata) adaptadas às condições do semiárido nordestino, com foco na produção de feijão verde. O projeto, realizado pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, em parceria com agricultores familiares do assentamento Passagem Velha, em Petrolina-PE, buscou selecionar variedades que atendessem às preferências dos agricultores e ao mercado local de feijão verde.

Os benefícios do MGP se estendem além dos ganhos diretos na produção agrícola, contribuindo para:

a) Conservação da Agrobiodiversidade: O MGP valoriza e utiliza a diversidade genética presente nas variedades crioulas e locais, contribuindo para a sua conservação e o enriquecimento da base genética das culturas. A participação dos agricultores no processo de seleção garante que as variedades mais adaptadas e importantes para a cultura local sejam preservadas;

b) Fortalecimento das Comunidades Rurais: O MGP promove o empoderamento dos agricultores, incentivando a troca de saberes e a participação ativa no processo de desenvolvimento de novas variedades. O MGP fortalece os laços comunitários, a auto-estima e a autonomia dos agricultores; e

c) Promoção da Segurança Alimentar: O desenvolvimento de variedades adaptadas às condições locais, com maior produtividade e qualidade nutricional, contribui para a segurança alimentar das famílias agricultoras e das comunidades rurais. O MGP também incentiva a diversificação de culturas, o que aumenta a oferta de alimentos e nutrientes.

Apesar dos benefícios, até aqui, demonstrados, o MGP ainda enfrenta desafios para sua ampla difusão e implementação. Alguns dos principais desafios incluem:

1) Recursos Limitados: A implementação de programas de MGP exige investimentos em pesquisa, extensão rural e capacitação de agricultores e pesquisadores. A falta de recursos financeiros e humanos pode limitar o alcance e a efetividade do MGP;

2) Dificuldades Metodológicas: O MGP requer a adaptação de métodos de pesquisa e extensão para o contexto da participação dos agricultores. A falta de métodos e ferramentas adequadas pode comprometer a qualidade dos dados coletados e a validade das conclusões; e

3) Desafios Institucionais: A integração do conhecimento tradicional dos agricultores aos sistemas de pesquisa e extensão rural exige mudanças nas estruturas e nas culturas institucionais. A resistência à mudança e a falta de diálogo entre diferentes áreas do conhecimento podem dificultar a implementação do MGP.

A superação desses desafios exige o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem o MGP, o investimento em pesquisa e extensão rural participativa e a capacitação de agricultores e pesquisadores para o trabalho colaborativo.

CONCLUSÃO

O Melhoramento Genético Participativo se apresenta como uma estratégia promissora para o desenvolvimento de variedades de plantas adaptadas às necessidades e aos desafios da agricultura familiar, promovendo a sustentabilidade social, econômica e ambiental. A integração do conhecimento tradicional dos agricultores aos conhecimentos científicos do melhoramento genético, por meio de métodos participativos, resulta em variedades mais resistentes, produtivas e adequadas às condições locais, além de fortalecer as comunidades rurais, promover a conservação da agrobiodiversidade e contribuir para a segurança alimentar.

É essencial que governos, instituições de pesquisa, organizações da sociedade civil e o setor privado invistam na ampliação dos programas de MGP, no desenvolvimento de metodologias participativas e na capacitação de agricultores e pesquisadores para o trabalho cooperativos. O MGP representa uma oportunidade única para construir um sistema alimentar mais justo, sustentável e resiliente, baseado no diálogo, na troca de saberes e no respeito à diversidade cultural e biológica.

Capítulo 5

10.37423/260511011

POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM UNIDADE DE CLASSIFICAÇÃO/SELEÇÃO DE RSU ORIUNDO DE COLETA SELETIVA

Alexandra Alf Gallon — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Darcione Spolaor — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Grace Kelly VierFenner — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Kely Cristina Gambin — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Marli Terezinha Pereira Lago — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Aline Raquel Muller Tones — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Alcione Aparecida de Almeida Alves — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

RESUMO

O atendimento às políticas públicas ambientais no que tange a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem sido primordial para o desenvolvimento sustentável. Neste sentido, o estudo teve por objetivo analisar itens específicos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e do Marco Legal do Saneamento Básico em uma unidade de classificação/seleção de RSU em um Município da Região das Missões. O método de análise utilizado foi qualitativo, de caráter descritivo, desenvolvido por meio de aula de campo realizada junto à Cooperativa Coopercaun. A pesquisa baseou-se na observação direta das atividades desenvolvidas pela cooperativa, complementada por revisão bibliográfica e documental acerca das políticas públicas ambientais e da coleta seletiva de RSU. Os resultados evidenciaram que as Políticas Públicas ambientais, Marco de Saneamento (Lei nº 14.026/2020), PNRS (Lei nº 12.305/2010) e PNMA (Lei nº 6.938/1981). Dos 24 quesitos avaliados,5 (20,8%) apresentaram conformidade total, 10 (41,7%) apresentaram atendimento parcial e 9 (37,5%) apresentaram não conformidade total. As principais limitações estavam relacionadas ao efetivo desenvolvimento diante da identificação das fragilidades relacionadas à estrutura física da cooperativa, a deficiência de Equipamento de Proteção Individual (EPIs), falta de suporte do setor público e a precária organização do processo de trabalho, estes demonstram tópicos a serem discutidos para melhor funcionamento e efetividade das políticas públicas ambientais no local. Essas fragilidades evidenciam um distanciamento entre a existência de políticas públicas ambientais e a sua efetivação.

Palavras-chave: Política Nacional de Meio Ambiente; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.

INTRODUÇÃO

O debate acerca do desenvolvimento sustentável, tem contribuído para uma sociedade mais consciente e comprometida com o meio ambiente. Proposições vinculadas à temática estão descritas nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) como metas a serem alcançadas a longo, médio e curto prazo em nível global. Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Relatório Brundtland, desenvolvimento sustentável é definido como "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades" (CMMAD, 1988).

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (2019) considerou que a adoção de práticas sustentáveis pela sociedade é fundamental para a redução dos impactos ambientais negativos e a conservação da biodiversidade nos territórios (Brasil, 2019). E, para fins de implementação destas práticas sustentáveis, as políticas públicas ambientais desempenham um papel fundamental ao estabelecer diretrizes que conciliam crescimento econômico, preservação e conservação dos recursos naturais e o bem-estar social. No contexto brasileiro, além da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), destacam-se instrumentos relevantes como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estrutura o sistema de gestão ambiental e define princípios para a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental articulação entre essas políticas evidencia a importância de abordagens integradas na gestão ambiental, contribuindo para a redução de impactos ambientais e o fortalecimento de estratégias de sustentabilidade em diferentes setores da sociedade (Brasil, 2010; Brasil, 1981).

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, tem sido considerada um marco normativo para a proteção ambiental no país. A PNMA estabeleceu princípios, objetivos e instrumentos voltados à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, promovendo a compatibilização entre desenvolvimento econômico e equilíbrio ecológico (Brasil, 1981).

Além disso, a PNMA consolidou mecanismos de gestão ambiental, como o licenciamento ambiental, e serviu de base para a formulação de legislações ambientais posteriores, dentre estas a PNRS. A PNRS instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, representa um marco na gestão ambiental no Brasil ao estabelecer diretrizes para o manejo adequado dos resíduos sólidos (Brasil, 2010). De acordo com o

Ministério do Meio Ambiente (2010), os resíduos sólidos são definidos como materiais descartados resultantes de atividades humanas, cujo gerenciamento envolve diferentes etapas.

A PNRS introduz o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo governo, empresas e sociedade na redução dos impactos ambientais "negativos". Um dos componentes fundamentais na operacionalização da PNRS, são as unidades de classificação/seleção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Às cooperativas de catadores de materiais recicláveis têm ganhado crescente relevância no Brasil como instrumentos de inclusão social e de fortalecimento da economia circular. Dados recentes do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (INEP, 2023) indicaram que os catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, têm se organizado cada vez mais em associações e cooperativas, o que contribui para sua formalização e visibilidade social, além de possivelmente melhorar suas condições de trabalho. As cooperativas, então, se consolidam como agentes centrais na transição para um modelo de desenvolvimento sustentável, uma que fez contribuem para a redução de impactos ambientais negativos em detrimento do gerenciamento de resíduos sólidos.

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo analisar a execução de políticas ambientais, mais especificamente a PNRS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis e Reutilizáveis (Coopercaun) está em funcionamento desde o ano de 2017 no Município de Cerro Largo - Rio Grande do Sul (RS), licenciada pela Lei Ordinária nº 1/2022, referindo-se à Classificação/Seleção de RSU oriundo de coleta seletiva e Triagem e Armazenamento de Resíduo Sólido Industrial Classe II A. O empreendimento admite somente o recebimento de Resíduos Sólidos Classe II, recicláveis, não sendo permitido o recebimento de resíduos orgânicos e descarte de resíduos de serviços de saúde (RSS). O espaço da cooperativa conta com área útil de 5.498,00 m², sendo 5.107,20 m² área ao livre e 390,80 m² de área construída, possuindo dois galpões, esteira para triagem e máquinas de prensa. Também conta com uma sede administrativa, onde também está localizado o refeitório, com utensílios de cozinha, vestiário e banheiro de uso comum (PMSB, 2022).

Na área onde está situada a Coopercaun, além da Central de Triagem de Resíduos Sólidos Recicláveis, há também a Central de Recebimento de Podas. Esse espaço é destinado ao recebimento de resíduos provenientes de podas de limpeza, como galhos, folhas e materiais oriundos da varrição pública, bem como daqueles gerados na manutenção da arborização urbana, realizados e/ou coletados pela prefeitura. Localizada nos fundos da Coopercaun, sendo essa central administrada pela Secretaria de Obras do município (PMSB, 2022). A Coopercaun está localizada na Linha Primeira, s/nº - Cerro Largo - RS com ramo de atividade Classificação/Seleção de RSU Oriundo de Coleta Seletiva (CODRAM nº 3541,13). Na Figura 1 se apresenta a localização geográfica da cooperativa.

Figura 1 - Mapa de localização da Coopercaun.



Fonte: Autores (2026).

Procedimento de análise de atendimento a Políticas Públicas Ambientais e de saneamento básico

A pesquisa baseou-se na observação direta das atividades desenvolvidas pela cooperativa, complementada por revisão bibliográfica e documental acerca das políticas públicas ambientais e da coleta seletiva de RSU. No Quadro 1 estão elencados as principais políticas públicas analisadas.

Quadro 1 – Descrição das Políticas públicas ambientais e de saneamento básico avaliadas em Unidade de Seleção/Classificação de RSU oriundos de coleta seletiva.

Política Pública	**Evidências prioritárias**	**Conformidade (Sim, Não, Parcial)**
Lei nº 6.938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente	a) Organização do espaço e ausência de resíduos dispersos; b) práticas de prevenção; c) drenagem superficial; d) controle básico de impactos.	

Lei nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos	a) Responsabilidade compartilhada e rastreabilidade; b) Separação adequada dos resíduos; c) Destinação ambientalmente adequada dos rejeitos; d) Sistema de armazenamento adequado (gerenciamento); e) Inclusão de catadores.	
Lei nº 14.026/2020 – Marco do Saneamento	a) Integração com a coleta municipal; b) infraestrutura mínima (galpão, prensas, esteiras); c) regularidade da operação.	

O período de realização do estudo ocorreu nos meses de março a maio de 2026, onde foi realizado o levantamento de dados, observações e análise das Políticas Públicas Ambientais elencadas no Quadro 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indicadores de Sustentabilidade em Unidade De Conservação

A aplicação de políticas públicas ambientais em unidades de classificação e seleção de RSU deve ser analisada para além do plano normativo, considerando as condições concretas em que essas atividades ocorrem. Isso implica verificar se as diretrizes relativas à gestão ambiental, ao manejo dos resíduos e à organização da unidade estão presentes no cotidiano do empreendimento. No caso estudado, essa análise envolveu a PNMA a PNRS, a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) instituída por meio da Lei Federal nº 11.445/2007, atualizada pela Lei Federal nº 14.026/2020, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Cerro Largo e a Licença de Operação da Coopercaun. Assim, a Central de Classificação/Seleção de RSU Oriundo de Coleta Seletiva constituiu espaço concreto para avaliar a efetividade dessas políticas, permitindo observar aspectos como proteção ambiental, organização do trabalho, acondicionamento dos resíduos, controle de impactos e destinação adequada dos rejeitos (Cerro Largo, 2022; Leobett et al., 2023).

Na esfera municipal, o PMSB de Cerro Largo demonstrou que a Coopercaun integrou formalmente o planejamento da gestão de resíduos sólidos. O documento considerou a cooperativa como parte da estrutura local de gerenciamento dos RSU e prevê ações voltadas ao aperfeiçoamento da coleta seletiva e da central de triagem. Entre estas, se destacam a melhoria das condições da unidade, a ampliação da coleta de recicláveis, orgânicos e rejeitos, ações de educação ambiental e a adequação da área de transbordo junto à cooperativa. Desse modo, o plano evidencia que a aplicação da política

pública ambiental depende de melhorias concretas de estrutura, apoio técnico e acompanhamento das metas previstas (Cerro Largo, 2022).

No caso de Cerro Largo, Kuhn (2018) demonstrou que a efetividade da PNRS depende da articulação entre diferentes atores, como o Poder Público Municipal, a Universidade, a Cooperativa, o Ministério Público Estadual e comunidade como um todo. A autora considerou que a implementação de políticas públicas ambientais em nível municipal pode ser comprometida pela descontinuidade da gestão pública e pela insuficiência de apoio institucional. Ao mesmo tempo, evidencia que a atuação da Incubadora Tecnossocial de Cooperativas e Empreendimentos Econômicos Solidários (ITCEES/UFFS) fortaleceu a Coopercaun, contribuindo para a coleta seletiva e favorecendo ações de educação ambiental, demonstrando que a aplicação da política pública ambiental depende também da cooperação entre instituições e da continuidade das ações (Kuhn, 2018).

Além do planejamento municipal e da articulação institucional, a verificação da aplicação das políticas públicas ambientais deve considerar o licenciamento ambiental da unidade, pois ele define exigências concretas para seu funcionamento. A Licença de Operação Renovada (LO) nº 1/2022 regularizou a Coopercaun para a classificação e seleção de RSU oriundos da coleta seletiva, além da triagem e do armazenamento de resíduo sólido industrial Classe II A. Portanto, a unidade de classificação e seleção de RSU deve ser compreendida não apenas como estrutura física de triagem, mas como espaço em que a efetividade das políticas públicas ambientais pode ser aferida, permitindo identificar avanços, fragilidades e necessidades de adequação no sistema municipal de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (Leobett, 2023).

A verificação local permitiu constatar a efetiva aplicação da política pública ambiental de competência da esfera federal, considerando as principais referências legais, os aspectos constatados em campo com o grau de conformidade identificado na unidade de classificação/seleção de RSU de Cerro Largo. As condições observadas na cooperativa apresentam não estar em conformidade em relação às diretrizes da PNRS, especialmente quanto ao manejo ambientalmente adequado e à organização operacional. A disposição de resíduos a céu aberto, incluindo materiais orgânicos, rejeitos e resíduos da coleta, diretamente sobre o solo, assim como a ausência de piso impermeabilizado em toda a área de recebimento dos resíduos, e a falta de cobertura na área de transbordo que favorece a formação de chorume e a contaminação ambiental, contrária às práticas sanitárias adequadas dispostas na PNSB, PNRS e no Marco de Saneamento.

Com relação à Política Pública na esfera estadual, as condições observadas na cooperativa apresentam não estar em conformidade em relação às diretrizes da Política Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul, instituída pela Lei Estadual nº 14.528/2014. Verificou-se que a cooperativa não está inserida no Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-RS) e não recebe apoio do Estado por meio de recursos, capacitações, assistência técnica, equipamentos de proteção individual ou convênios institucionais, evidenciando fragilidade na articulação entre o empreendimento e a política pública estadual. Dessa forma, embora a legislação preveja apoio ao fortalecimento da reciclagem e das cooperativas de catadores, tais diretrizes não se materializam na realidade observada em campo. O material destinado a reciclagem (RSU) chega a instalação da Coopercaun misturado com resíduos orgânicos oriundo da coleta municipal do lixo orgânico doméstico.

No que se refere ao Código Sanitário Estadual do Decreto nº 23.430/1974 (RS), observaram-se inadequações relacionadas à organização do espaço, à higiene e às condições de funcionamento da unidade. O galpão apresentava resíduos de diversas origens espalhados pelo chão e materiais reciclados em fardos armazenados de forma inadequada, além da ausência de materiais de limpeza, de espaços adequados de higiene para os trabalhadores e de estruturas mínimas de drenagem e impermeabilização do piso. Também não foi informada a existência de cadastro junto à vigilância sanitária municipal, o que fragiliza a comprovação de regularidade sanitária do empreendimento. Assim, os achados indicam que a aplicação das políticas públicas ambientais na esfera estadual ocorre de forma muito limitada, não bastando a existência formal de normas, sem o devido apoio institucional e assistência técnica e para o efetivo funcionamento das cooperativas de reciclagem.

Na sequência, a análise da esfera municipal, contemplando a inserção da Coopercaun no Plano Municipal de Saneamento Básico de Cerro Largo/RS, a regularização ambiental da unidade e as evidências verificadas durante a análise de campo. A partir de uma perspectiva teórica, o PMSB deve ser compreendido como um instrumento fundamental de planejamento e gestão pública, conforme estabelecido pela Lei nº 11.445-2007, que determina a obrigatoriedade de organização, regulação e prestação dos serviços de saneamento básico em nível municipal. Nesse sentido, conforme apontam estudos como o de Leobett et al. (2023), o plano não se restringe a um documento formal, mas constitui um mecanismo orientador de ações concretas voltadas à universalização dos serviços, à sustentabilidade ambiental e à melhoria das condições sanitárias da população.

A verificação da aplicação de políticas públicas ambientais na esfera municipal, inicialmente, os aspectos que atendem às diretrizes previstas. A Coopercaun integra formalmente o planejamento municipal de saneamento básico, uma vez que o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) menciona explicitamente a cooperativa como parte da estrutura de gerenciamento de resíduos sólidos do município (PMSB, p. 91). Além disso, o plano estabelece metas voltadas à ampliação da coleta de resíduos, à conscientização da população e ao aprimoramento da logística reversa, evidenciando a existência de diretrizes orientadoras para o setor (PMSB, p.135).

Também se verificou a definição de formas de apoio institucional por parte do município, incluindo melhorias estruturais, ações de educação ambiental e ampliação da coleta seletiva (PMSB, p. 136-137). Soma-se a isso o fato de que a cooperativa possui Licença Ambiental de Operação considerando que o projeto para a cooperativa iniciou em parceria com a Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS Campus Cerro Largo. O referido plano, possui metas claras para que a coleta de resíduos no município seja aperfeiçoada, [...] com o intuito de conscientizar a população sobre a destinação correta, ampliação dos serviços de limpeza urbana e coleta de resíduos, aprimorar a implantação de logística reversa.” (PMSB, p.135).

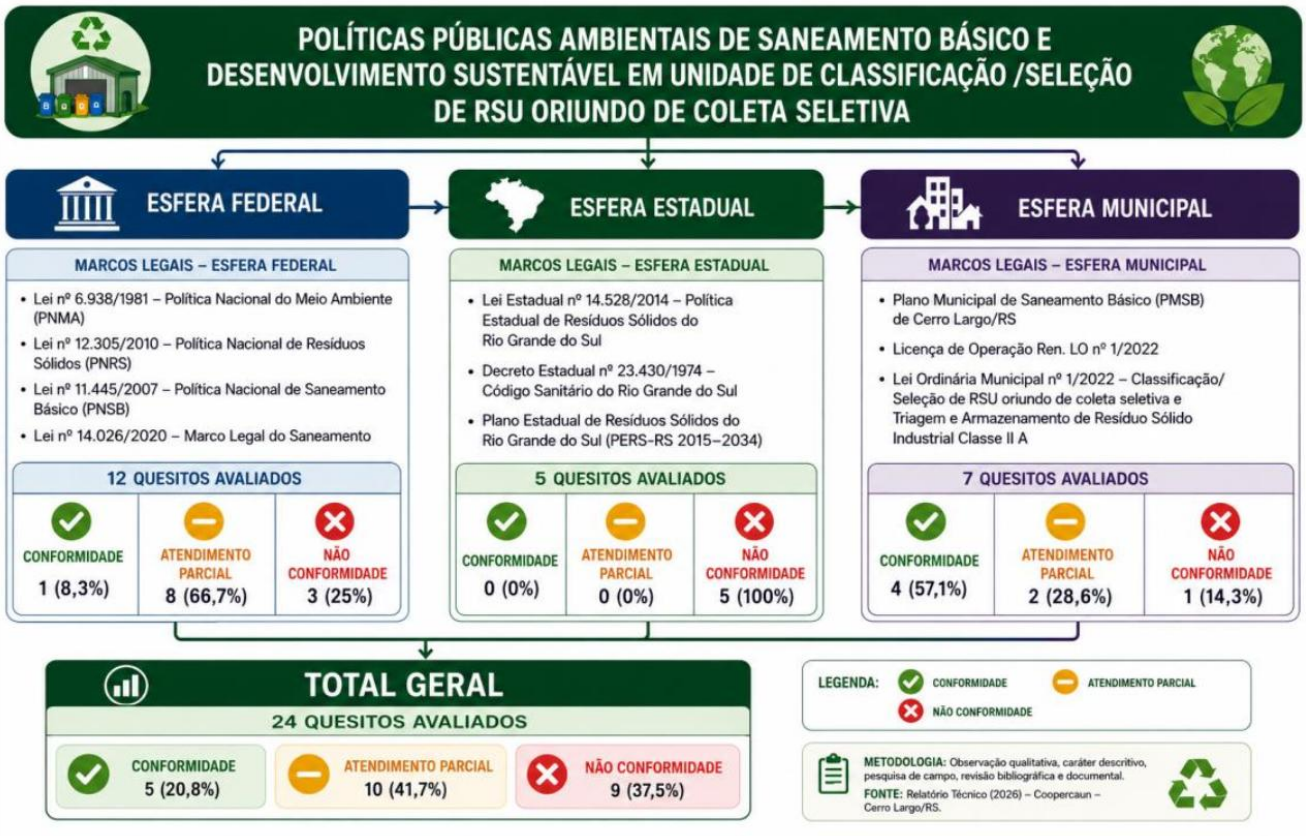
O PMSB traz como dimensões nas quais o município apoia a unidade de triagem: “Manter e melhorar condições da central de triagem da unidade de gerenciamento de resíduos sólidos". (Realizar manutenções nas estruturas físicas para que possa comportar os resíduos coletados no município)” “Expandir a coleta de resíduos reciclável, orgânico e rejeito no meio rural e realizar programas de orientação educacional nas escolas tratando de informações sobre o uso correto de agrotóxicos e adequada disposição de embalagens utilizadas. (Parcerias com Coopercaun, universidades, divulgações e ações dos dias de coletas de resíduos em rádio, jornal, redes sociais da Prefeitura e entre outros)” (PMSB, p.136) ”Adequação da área de transbordo junto a Coopercaun. (Viabilizar recursos financeiros para projeto técnico e estrutura física.” PMSB, p.137). No que se refere à fiscalização da coleta seletiva, encontramos que no documento PMSB consta: “Meios a serem utilizados para controle e a fiscalização da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos.” (PMSB, p.84). No entanto, o PMSB não indica como é realizada a fiscalização de maneira clara. E verificamos nas observações de campo ao local que não há coleta seletiva de acordo com o cenário que pudemos presenciar.

A Coopercaun se encontra regularmente licenciada para a sua atuação com Licença Ambiental válida, conforme exigido pela legislação ambiental vigente conforme verificado no local. Corroborando no documento PMSB; “com Licença de Ambiental de Operação Nº 01/2022 para Unidade de Gerenciamento (refere-se à Classificação/Seleção de RSu oriundo de coleta seletiva e Triagem e Armazenamento de Resíduos Sólido Industrial Classe II” A) (PMSB, p. 91).

Ainda quanto ao licenciamento, a central de triagem não está cumprindo as condicionantes constantes na licença ambiental visto que, a Central de Recebimento de Podas localizada aos fundos da Coopercaun, atualmente é gerenciada pela Secretaria de Obras do município que possui licença ambiental de operação n° 15/2020 vigente até 2025, para receber diariamente até 50m³ por dia de material (PMSB, p. 91).

A síntese da análise das políticas públicas observadas e verificadas junto à Coopercaun de Cerro Largo/RS pode ser compreendida mediante entendimento do seguinte fluxograma apresentado na Figura 2, o qual aborda a PNMA, PNRS, Marco Legal do Saneamento Básico, bem como as leis federais e municipais que estão correlacionadas a gestão de RSU.

Figura 2 -Fluxograma do percurso histórico das Políticas Públicas ambientais



Fonte: Autores (2026).

O fluxograma apresentado na Figura 2, evidencia a evolução das políticas públicas ambientais como um processo que amplia a proteção, o monitoramento e a gestão dos recursos naturais. Essa transformação reflete a transição de uma abordagem conservacionista para uma perspectiva integrada, na qual o meio ambiente passa a ser entendido como elemento central do desenvolvimento sustentável (Sachs, 2016). As medidas de proteção ambiental e o monitoramento indicam o fortalecimento de instrumentos regulatórios e técnicos, fundamentais para reduzir impactos. Contudo, como destaca Leff (2014), a efetividade dessas políticas depende da articulação entre conhecimento, governança e participação social, não se limitando apenas à existência de normas.

A promoção da responsabilidade no uso dos recursos naturais dialoga com a ideia de governança compartilhada, na qual Estado, mercado e sociedade civil possuem papéis complementares. Ainda assim, persistem desafios na implementação dessas políticas, especialmente diante de interesses econômicos e limitações institucionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas ao longo deste relatório técnico permitiram considerar que a Coopercaun desempenha papel relevante no gerenciamento dos RSU de Cerro Largo - RS, especialmente por viabilizar a triagem de materiais recicláveis, gerar trabalho e renda aos cooperados e integrar, ao menos formalmente, o planejamento municipal de saneamento básico. Contudo, por meio da análise de campo, evidenciou-se que a efetividade das políticas públicas ambientais ainda está aquém do previsto no PMSB de Cerro Largo, especialmente quanto às ações de manutenção e melhoria das condições da central de triagem, expansão e qualificação da coleta de resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos, bem como adequação da área de transbordo junto à Coopercaun, previstas no PMSB.

Esse distanciamento entre o planejamento municipal e a realidade observada em campo revela fragilidades no cumprimento das exigências relacionadas à organização do espaço, ao armazenamento adequado dos resíduos, ao controle de impactos ambientais negativos e às condições de trabalho dos cooperados.

Em relação às políticas públicas federais, observou-se que, embora existam elementos de conformidade, como a destinação dos rejeitos ao aterro sanitário e o registro parcial de entrada e saída de resíduos, ainda permanecem inadequações relevantes frente à PNMA, à PNRS e ao Marco Legal do Saneamento. Dos 12 quesitos avaliados na esfera federal, 1 apresentou conformidade,

correspondendo a 8,3%; 8 apresentaram atendimento parcial, correspondendo a 66,7%; e 3 foram classificados como não conformes, representando 25%. No entanto, a presença de resíduos sólidos a céu aberto, a ausência ou insuficiência de EPIs, a precariedade da impermeabilização do solo, da drenagem e de área para o adequado armazenamento dos resíduos, bem como a não segregação de resíduos na fonte, demonstram que a aplicação dessas diretrizes previstas na PNRS ainda ocorre de forma parcial na rotina da cooperativa.

Dos 5 quesitos avaliados na esfera estadual, nenhum apresentou conformidade ou atendimento parcial, sendo os 5 classificados como não conformes, o que corresponde a 100% de não conformidade. As fragilidades observadas quanto à organização do espaço, às condições de higiene, à ausência de apoio técnico, capacitações, recursos e acompanhamento institucional evidenciam limitações na efetivação dessas diretrizes. Assim, a aplicação das políticas estaduais mostra-se restrita, sobretudo quanto à qualificação das condições de funcionamento da unidade e à fiscalização das condições sanitárias e de trabalho.

Dos 7 quesitos avaliados na esfera municipal, 4 apresentaram conformidade, correspondendo a 57,1%; 2 apresentaram atendimento parcial, equivalentes a 28,6%; e 1 foi classificado como não conforme, representando 14,3%. No entanto, a realidade observada evidencia um distanciamento entre o que está previsto no planejamento e o que efetivamente se concretiza na prática, o que demonstra a necessidade de maior acompanhamento, investimento público, fiscalização e continuidade administrativa para que essas metas estabelecidas no PMSB resultem em melhorias concretas, visto que o RSU, contaminado com resíduos orgânicos, e até mesmo animais mortos estavam sendo destinados à triagem na Coopercaun.

Dessa forma, conclui-se que a Coopercaun representa uma estrutura importante para a gestão ambiental e para a inclusão social no município, mas ainda demanda adequações estruturais, sanitárias, operacionais e institucionais para atender de modo mais efetivo às exigências legais e aos princípios do desenvolvimento sustentável. Assim, fortalecer a cooperativa exige não apenas manter sua operação, mas garantir suporte técnico, investimentos em infraestrutura, capacitação, fornecimento adequado de EPIs e maior integração entre poder público, cooperativa e demais instituições envolvidas. Essa articulação é fundamental para uma maior e mais efetiva implementação das políticas públicas ambientais no gerenciamento dos RSU no município de Cerro Largo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento. Brasília, DF: Presidência da República, 2020.

BRASIL. Ministério das Mulheres; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Pesquisa nacional sobre catadores e catadoras de materiais recicláveis. Brasília, DF, 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG). Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resíduos sólidos urbanos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. Norma Regulamentadora nº 06 – Equipamento de Proteção Individual (EPI). Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022.

CERRO LARGO (RS). Plano Municipal de Saneamento Básico. Cerro Largo, RS: Prefeitura Municipal, 2022.

CERRO LARGO (RS). Prefeitura Municipal. Plano Municipal de Saneamento Básico: relatório técnico final. Cerro Largo, RS: Prefeitura Municipal de Cerro Largo, 2022.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/portaleducacao ambiental/sites/11/2024/05/Nosso-Futuro-Comum.pdf. Acesso em: 13 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br. Acesso em: 13 abr. 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Panorama da situação dos catadores no Brasil. Brasília, DF: IPEA, 2023.

KUHN, Nuvea. A aproximação e o papel da extensão universitária por meio da ITCEES-UFFS para o atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos no município de Cerro Largo-RS. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Políticas Públicas) – Universidade Federal da Fronteira

Sul, Cerro Largo, 2018. LEFF, Enrique. Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza. 2. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2014.

LEOBETT, Jaqueline Steffler. Plano municipal de saneamento básico de Cerro Largo/RS: avaliação da gestão de resíduos e proposição de melhorias ambientais. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2023. Disponível em: https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/6830. Acesso em: 13 abr. 2026.

LEOBETT, Jaqueline Steffler et al. Plano municipal de saneamento básico de Cerro Largo/RS: avaliação da gestão de resíduos e proposição de melhorias ambientais. Revista de Gestão e Secretariado (GeSec), São Paulo, v. 14, n. 11, 2023. DOI: https://doi.org/10.7769/gesec.v14i11.2814.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 23.430, de 24 de outubro de 1974. Aprova regulamento que dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da saúde pública. Disponível em: https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/13140133-decreto23430c.pdf. Acesso em: 14 abr. 2026.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 14.528, de 15 de abril de 2014. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 15 abr. 2014. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=60798&Texto=&Origem=1. Acesso em: 14 abr. 2026. RIO GRANDE DO SUL. Licença de Operação Ren. LO nº 1/2022. Rio Grande do Sul, 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015–2034. Disponível em: https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201905/ 03155041-pers- final.pdf. Acesso em: 14 abr. 2026. SACHS, Ignacy. Desenvolvimento includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2016.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Ourcommon future. Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponível em: Our Common Future – UN Documents PDF. Acesso em: 12 de maio 2026.

Capítulo 6

10.37423/260511012

POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS DE SANEAMENTO BÁSICO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM PROPRIEDADE RURAL COM AGRICULTURA ORGÂNICA CERTIFICADA

Grace kelly vier fenner — *Universidade federal da fronteira sul*

Alexandra Alf Gallon — *Universidade federal da fronteira sul*

Darcione Spolaor — *Universidade federal da fronteira sul*

Kely Cristina Gambin — *Universidade federal da fronteira sul*

Marli Terezinha Pereira Lago — *Universidade federal da fronteira sul*

Alcione Aparecida de Almeida Alves — *Universidade federal da fronteira sul*

Aline Raquel Muller Tones — *Universidade federal da fronteira sul*

RESUMO

A agroecologia constitui uma abordagem de produção agrícola sustentável baseada em princípios ecológicos, na valorização dos saberes tradicionais e na agricultura familiar, promovendo a preservação da biodiversidade, da saúde do solo e dos recursos naturais, além da justiça social por meio da comercialização direta. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a efetivação das políticas públicas ambientais em uma propriedade agroecológica de produção orgânica. O método de análise utilizado foi a observação qualitativa, com caráter descritivo, por meio de uma aula de campo em uma propriedade agroecológica, com observação direta das práticas adotadas e revisão bibliográfica e documental sobre as políticas públicas ambientais e agroecologia, essencialmente na verificação da conformidade das práticas observadas e o que prevê às legislações ambientais relacionadas ao saneamento, gestão de resíduos sólidos e produção orgânica. Os resultados indicam que a partir da análise das políticas públicas ambientais a propriedade se encontra registrada e atende às normas de certificação para produção orgânica, além de adotar práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da preservação ambiental. No entanto, foram identificados desafios relacionados ao retorno financeiro oriundo da produção e comercialização, o que pode comprometer a manutenção da atividade. Conclui-se que, o Sítio Agroecológico representa uma experiência significativa de desenvolvimento rural sustentável e encontra-se em conformidade com os princípios agroecológicos, promove a agricultura familiar e respeita as políticas ambientais. Contudo, evidencia-se a necessidade de maior apoio por parte de políticas públicas de fomento à agricultura familiar, produção sustentável e proteção ambiental.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Agricultura familiar; Agroecologia; Meio Ambiente; Políticas Públicas.

INTRODUÇÃO

A preservação das condições ambientais e a salvaguarda do patrimônio natural consolidaram-se como eixos prioritários nos debates sobre o equilíbrio ecológico. Nesse cenário, as diretrizes governamentais voltadas ao meio ambiente atuam como mecanismos vitais na regulação das atividades humanas frente à manutenção dos ecossistemas. No ordenamento jurídico brasileiro, tal estrutura fundamenta-se na Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), cujo propósito central é a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (Brasil, 1981).

No contexto do campo, o ordenamento da atividade agrícola, somado aos regramentos de gestão de resíduos e saneamento, exerce função determinante na estruturação de métodos produtivos de baixo impacto. A produção orgânica com selo de conformidade sobressai como um paradigma de sustentabilidade, ao privilegiar a diversidade biológica e a regeneração do solo. Conforme preceitua a Lei nº 10.831/2003, entende-se por sistema orgânico de produção agropecuária aquele que utiliza métodos que buscam a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e a redução da dependência de energia não renovável (Brasil, 2003).

No âmbito regional, a Lei Estadual nº 14.486/2014 corrobora essa perspectiva ao estabelecer a Política Estadual de Agroecologia e de Produção Orgânica (PEAPO) no Rio Grande do Sul (RS), visando promover e fomentar ações que induzam o desenvolvimento sustentável com foco na transição agroecológica. Para assegurar que tais modelos cumpram seu papel ético e ambiental, é indispensável fiscalizar a execução prática das normas vigentes. Tal análise, em unidades produtivas certificadas possibilita constatar se os dispositivos legais das esferas federal, estadual e municipal se encontram incorporados à rotina operacional da propriedade.

As principais formas de certificação orgânica no Brasil são a certificação por auditoria, e os Sistemas Participativos de Garantia (SPG). A certificação por auditoria é realizada por organismos credenciados junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária, nos quais uma empresa independente verifica se a produção atende às normas da agricultura orgânica, sendo o modelo mais utilizado para exportação e inserção em grandes mercados. Já o SPG, também denominado certificação participativa, baseia-se no controle coletivo realizado por agricultores, técnicos, consumidores e organizações locais, fundamentado na confiança, participação social e acompanhamento mútuo. Nesse sistema, os grupos

são vinculados aos Organismos Participativos de Avaliação da Conformidade (OPACs), sendo que esta é destinada principalmente à agricultura familiar (Brasil, 2007).

Neste contexto, o estudo propõe-se a avaliar o atendimento às políticas ambientais de saneamento e sustentabilidade em um propriedade rural com certificação orgânica. A análise de campo foi realizada em um Sítio Agroecológico , situado na localidade de Rincão dos Souza, em Santa Rosa - RS. O procedimento de análise baseou-se na verificação de conformidade por meio de evidências coletadas in loco, confrontadas com os parâmetros da PNMA, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), do Marco Legal do Saneamento e de normativas de agroecologia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O Sítio Agroecológico está localizado no interior do município de Santa Rosa, no Rincão dos Souza, e constitui uma propriedade rural voltada à produção orgânica, à preservação ambiental e ao turismo rural pedagógico. A área possui 14,5 hectares e, há cerca de nove anos, desenvolve atividades vinculadas à produção orgânica de hortaliças, fruticultura e sementes crioulas.

A propriedade é certificada pela Rede Ecovida desde 2016/2017, por meio de sistema participativo de garantia, com renovação anual da certificação. Entre as principais atividades produtivas, destacam-se o cultivo de hortaliças e frutas, sendo a alface a hortaliça de maior comercialização. Além disso, o sítio realiza a produção, preservação e troca de sementes crioulas com outros agricultores.

O Sítio também apresenta relevância ambiental por possuir Área de Preservação Permanente, com nascente de rio, além de contar com fontes de água provenientes de poço artesiano da comunidade e nascente. O histórico do Sítio Agroecológico demonstra a articulação entre agricultura familiar, produção orgânica certificada, conservação ambiental, educação para a sustentabilidade e turismo rural. O mapa de localização da propriedade, pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização do Sítio Agroecológico.



Fonte: Autores (2026).

Procedimento de análise de atendimento a Políticas Públicas Ambientais e de saneamento básico

O método de análise utilizado foi qualitativo, de caráter descritivo, desenvolvido por meio de aula de campo realizada em um sítio agroecológico.

O estudo baseou-se na observação direta das práticas adotadas no local, complementada por revisão bibliográfica e documental acerca das políticas públicas ambientais e da agroecologia. A análise concentrou-se na verificação da conformidade entre as práticas observadas e o que prevêem as legislações ambientais relacionadas ao saneamento, à gestão de resíduos sólidos e à produção orgânica.

No Quadro 1 estão elencados as principais políticas públicas analisadas.

Quadro 1 – Descrição das Políticas públicas ambientais e de saneamento avaliadas em uma Propriedade Agroecológica de produção orgânica.

Política Pública	**Evidências prioritárias**	**Conformidade (Sim, Não, Parcial)**
Lei nº 6.938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente	a) Organização do espaço e ausência de resíduos dispersos; b) Práticas de prevenção; c) Conservação do solo; d) Controle básico de impactos	
Lei nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos	a) Separação adequada dos resíduos; b) Compostagem de resíduos orgânicos; c) Logística Reversa; d) Consumo sustentável	
Lei nº 14.026/2020 – Marco do Saneamento	a) Abastecimento de água potável; b) Esgotamento sanitário; c) Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; d) Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas	
Lei Federal n° 10.831/2003 – Certificação Orgânica	a) Certificação Orgânica	

Fonte: Autores (2026).

O período de realização do estudo ocorreu nos meses de março a maio de 2026, onde foi realizado o levantamento de dados, observações e análise das Políticas Públicas Ambientais elencadas no Quadro 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS EM PROPRIEDADE RURAL COM AGRICULTURA ORGÂNICA CERTIFICADA

Investigar como as políticas públicas ambientais são materializadas em unidades de produção orgânica certificada é crucial para mensurar o impacto real das intervenções estatais no campo (Secchi, 2013). Ainda que o ordenamento jurídico brasileiro seja robusto, fenômeno caracterizado como a “Ecologização do Direito" à validade formal das normas não garante, por si só, sua eficácia social ou a transformação das dinâmicas produtivas (Silva, 2013).

A configuração de governança em múltiplos níveis, é o que viabiliza a execução do desenvolvimento sustentável no cenário rural. A articulação entre as competências da União, do Estado e do Município revela que a manutenção de unidades produtivas orgânicas depende de um arcabouço normativo integrado, e não de ações pontuais. Na esfera federal, a convergência da Lei nº 6.938/1981 - PNMA

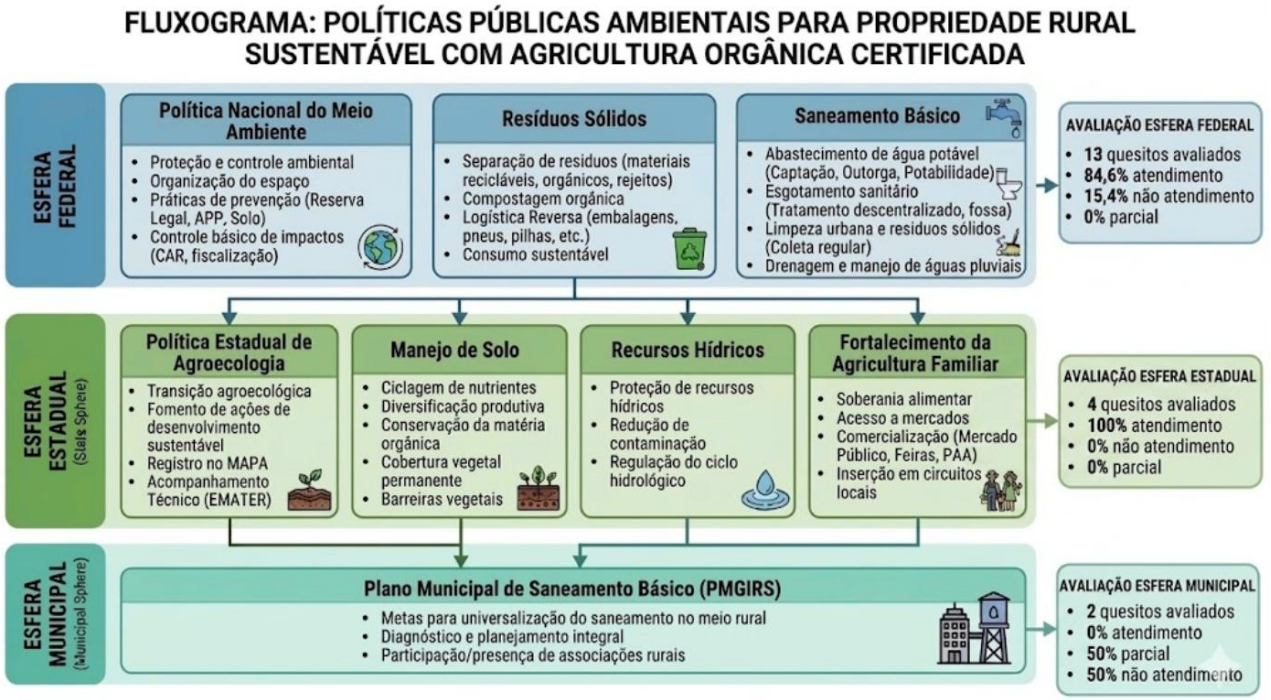
com a Lei nº 11.445/2007 - Marco Legal do Saneamento estabelece o alicerce do mínimo existencial ecológico.

Em âmbito regional, a Lei nº 14.486/2014, que institui a PEAPO atua como o motor da transformação produtiva no Rio Grande do Sul. O foco central é a "intensificação ecológica", processo no qual o manejo regenerativo ilustrado pelo cultivo de bananeiras como barreiras físicas e pela alternância de culturas no Sítio substitui o uso de defensivos sintéticos por compostos biológicos. Sob a ótica de Altieri (2009), a prática agroecológica transcende a simples troca de insumos, exigindo o manejo sistêmico de agroecossistemas sustentáveis.

A viabilidade econômica e social do modelo é reforçada pela conexão entre as políticas municipais, como o PMGIRS, e o fomento à agricultura familiar. A sustentabilidade se fortalece quando a colheita orgânica acessa cadeias de consumo locais, incluindo feiras livres e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Sendo assim, o Sítio concretiza sua emancipação produtiva ao gerir sementes crioulas e biofertilizantes próprios.

Na sequência observa-se na Figura 2 um fluxograma onde são verificadas as principais políticas públicas relacionadas ao campo da Meio Ambiente, seus marcos legais, assim como o comparativo com as informações coletadas através da análise de campo no sítio agroecológico.

Figura 2 – Fluxograma de Atendimento das Políticas Públicas Ambientais



Fonte: Autores (2026)

No cenário local, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Santa Rosa/RS atua como um eixo estratégico de governança transversal. Alinhado ao princípio da Universalização do acesso contido na Lei Federal nº 11.445/2007, o PMSB busca o equilíbrio entre o progresso regional e a integridade dos ecossistemas. Ele serve, portanto, como um parâmetro para avaliar se os serviços essenciais de saneamento de fato alcançam o meio rural, respeitando as demandas específicas do manejo orgânico (Brasil, 2007).

A relevância dessa fiscalização aumenta no segmento da agricultura orgânica, que se fundamenta em um modelo de gestão holística (MAPA, 2003). A migração para a agroecologia transcende a mera troca de fertilizantes; ela exige a incorporação de preceitos da Sustentabilidade Multidimensional. Conforme argumentam Sabbadini, Costa e Mesquita (2020), a avaliação produtiva deve ser integral, conectando o tratamento de resíduos à proteção hídrica e edáfica. Nesse panorama, a certificação funciona como um indutor de boas práticas e ferramentas de controle, porém não anula a obrigatoriedade de um monitoramento presencial da conformidade ambiental.

A análise empírica do tipo observacional realizada no Sítio Agroecológico permite, dessa forma, confrontar as metas do PMSB local e das normas estaduais e federais com a prática cotidiana. Ao investigar temas como a manutenção de Áreas de Preservação Permanente (APP) e o destino dos resíduos, o estudo mede a capilaridade das políticas públicas no território.

Com relação às políticas públicas ambientais da esfera federal, demonstrou predominância de atendimento total das diretrizes legais, correspondendo a 84,6% dos itens analisados, enquanto 15,4% apresentaram não atendimento. Não houveram aspectos parcialmente atendidos na referida análise.

Esse resultado evidencia que a propriedade analisada se aproxima das diretrizes estabelecidas pela legislação federal voltada à proteção ambiental e à produção orgânica, especialmente porque a Lei nº 10.831/2003 reconhece os sistemas orgânicos de produção como aqueles que buscam otimizar o uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis, preservar a biodiversidade, conservar o solo e a água e reduzir a dependência de insumos externos.

Assim, ao adotar práticas como certificação orgânica, compostagem, cobertura permanente do solo, rotação de culturas, preservação de nascente e manejo sem uso de produtos químicos, o Sítio Agroecológico demonstra conformidade com os princípios legais da produção orgânica. Contudo, a própria realidade observada também revela que a efetivação dessas diretrizes depende não apenas da

existência da norma, mas do apoio contínuo de políticas públicas, assistência técnica e instrumentos de incentivo capazes de fortalecer a permanência da agricultura orgânica no país (BRASIL, 2003).

Cabe ressaltar que, a análise do Sítio Agroecológico foi realizada com base em políticas públicas ambientais, especialmente em nível federal, observou-se que a propriedade apresenta conformidade com os principais aspectos analisados, como organização ambiental, conservação do solo, manejo de resíduos, saneamento rural e certificação orgânica. A mesma adota práticas de proteção ambiental, como produção orgânica certificada, separação de resíduos, compostagem, cobertura permanente do solo, rotação de culturas e preservação de área com nascente. Também possui Cadastro Ambiental Rural - CAR, acompanhamento técnico e fiscalização por órgãos competentes, reforçando a organização ambiental da unidade produtiva.

Em relação às Políticas a nível Estadual, especificamente a PNRS verificou-se que a propriedade realiza coleta regular, separação dos resíduos e compostagem dos resíduos orgânicos. Já no que se refere ao Marco Legal do Saneamento Básico, Lei nº 14.026/2020, observou-se integração com práticas de saneamento rural, considerando o uso de poço artesiano comunitário, nascente e açude para diferentes finalidades. O esgotamento sanitário ocorre por fossa séptica com sistema de evapotranspiração, sem evidências de extravasamento ou odores. Quanto à drenagem, há valas que auxiliam no direcionamento das águas pluviais, e o solo coberto favorece a infiltração natural.

Por fim, em relação à legislação sobre produção orgânica, a propriedade possui certificação orgânica pela Rede Ecovida, renovada anualmente, além de certificação governamental em dia e caderno de campo para registro das práticas produtivas. As ações adotadas, como rotação de culturas, cobertura vegetal permanente, manejo sem produtos químicos e produção própria de biofertilizante, reforçam a adequação da propriedade aos princípios da produção orgânica, conforme previsto na Lei nº 10.831/2003 (BRASIL, 2003).

Observa-se a verificação da aplicação das políticas públicas ambientais na esfera estadual, considerando os aspectos previstos na Política Estadual de Agroecologia e de Produção Orgânica do Rio Grande do Sul, relacionados ao manejo do solo, à proteção dos recursos hídricos, à transição agroecológica e ao fortalecimento da agricultura familiar, confrontados com as evidências observadas na análise de campo realizada no Sítio Agroecológico e o respectivo grau de conformidade frente às diretrizes legais.

Observou-se que em relação a Lei Estadual nº 14.486/2014 os quesitos relacionados ao manejo do solo, proteção dos recursos hídricos, movimento de transição agroecológica e o fortalecimento da agricultura familiar foram identificados de forma efetiva na propriedade, especificamente através da rotação de culturas cultivadas no sítio, uso de compostos orgânicos na substituição de substâncias químicas, canalização da água da chuva para uso de irrigação na propriedade, e organização de mão de obra familiar na realização das tarefas do sítio, como plantio, manutenção, venda dos produtos e administração do local.

Já com relação à transição agroecológica, esta é compreendida como um processo gradual e multidimensional, envolvendo mudanças técnicas, sociais e institucionais, que vão desde ajustes no processo de trabalho até a reorganização completa dos agroecossistemas, transição que exige suporte contínuo por meio de políticas públicas e assistência técnica (Altieri, 2009). No sítio esta prática foi fortalecida a partir do acompanhamento da EMATER que incentivou a reformulação das práticas agrícolas, através de visitas periódicas na propriedade ofertando suporte técnico e administrativo, além da oferta de cursos aos proprietários.

Por fim, a promoção da Agricultura familiar é central para a efetivação da política, dado seu potencial de incorporar práticas sustentáveis e promover sistemas alimentares mais saudáveis. Esse eixo também se relaciona ao conceito de Soberania alimentar, ao valorizar a produção local e o acesso a mercados (Marques; Dória, 2021). Assim, o sítio vem ao encontro de diversos princípios da Agroecologia, sobretudo pela autonomia relativa na produção de insumos, pelo uso de práticas como rotação de cobertura do solo e implantação de barreiras vegetais, que contribuem para a estabilidade ecológica e conservação natural. O reaproveitamento hídrico, com captação e aproveitamento da água do açude e escoamento da chuva, demonstra o uso de recursos naturais e estratégias de conservação. Além disso, o acompanhamento técnico contínuo da EMATER, aliado ao registro no MAPA e à certificação orgânica, reforça a conformidade normativa e a qualificação da produção do sítio agroecológico.

Observa-se que o instrumento apresenta diretrizes relevantes para o planejamento do saneamento básico, incluindo metas de gerenciamento de resíduos sólidos em áreas urbanas e rurais. O plano evidencia preocupação com a universalização dos serviços e com a projeção da geração de resíduos ao longo do tempo, o que demonstra um esforço institucional de organização e antecipação de demandas. No entanto, ao relacionar essas diretrizes com a realidade da propriedade rural analisada, percebe-se

que há um distanciamento entre o planejamento normativo e sua materialização no cotidiano produtivo.

No que se refere à participação social, o PMGIRS incorpora dados socioeconômicos do meio rural e prevê ações de educação ambiental e apoio a cooperativas, o que indica uma tentativa de inclusão desse segmento no escopo da política pública. Contudo, não há evidências explícitas da participação direta de associações rurais ou agricultores na elaboração do plano, o que representa uma limitação importante sob a perspectiva da governança participativa. Ao analisar a propriedade rural com certificação orgânica verifica-se que muitas das práticas sustentáveis adotadas, como a compostagem, a separação de resíduos e o reaproveitamento de materiais, não decorrem diretamente da implementação do plano municipal, mas sim de princípios inerentes à agroecologia. Isso evidencia que a política pública, embora existente, não se constitui como principal indutora das práticas ambientais observadas na unidade produtiva.

Além disso, a propriedade demonstra um elevado nível de organização no manejo de resíduos sólidos, alinhando-se, na prática, a diversos objetivos propostos pelo PMGIRS, como a redução de resíduos destinados a aterros e a valorização de práticas sustentáveis. A compostagem de resíduos orgânicos, por exemplo, contribui para diminuição do volume de descarte e para a ciclagem de nutrientes, configurando-se como uma estratégia coerente com os princípios da gestão integrada de resíduos. Ainda assim, a ausência de uma integração mais direta entre o plano municipal e as especificidades da produção orgânica revela uma fragilidade na adaptação das políticas públicas às realidades locais. Isso sugere a necessidade de maior diálogo entre o poder público e os produtores rurais, especialmente aqueles inseridos em sistemas agroecológicos.

Evidencia que, embora o PMGIRS represente um avanço no planejamento municipal do saneamento e da gestão de resíduos, sua efetividade no meio rural ainda enfrenta desafios relacionados à participação social e à adequação às práticas agroecológicas. A literatura destaca que políticas públicas voltadas à sustentabilidade devem ser construídas de forma participativa, considerando os saberes locais e as dinâmicas territoriais (Altieri, 2009). Nesse sentido, a experiência do sítio analisado reforça a ideia de que a sustentabilidade não depende apenas de normativas, mas da integração entre políticas e práticas sociais concretas. Conforme apontam Costa e Mesquita (2020), iniciativas locais sustentáveis tendem a ser mais eficazes quando reconhecidas, apoiadas e incorporadas pelas políticas institucionais, promovendo assim, um desenvolvimento rural mais inclusivo e resiliente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do Sítio Agroecológico, realizada a partir da verificação das políticas públicas ambientais nas esferas federal, estadual e municipal, demonstrou que a propriedade apresenta importantes potencialidades ambientais, sociais e produtivas. As legislações analisadas permitiram observar aspectos relacionados à conservação do solo, manejo de resíduos, saneamento rural, proteção dos recursos hídricos, produção orgânica certificada, agroecologia e fortalecimento da agricultura familiar.

No âmbito federal, verificou-se que a propriedade apresenta conformidade com diversos aspectos previstos nas políticas ambientais e de saneamento, especialmente pela adoção da compostagem, separação de resíduos, preservação de área com nascente, cobertura permanente do solo, rotação de culturas, uso de biofertilizante próprio, CAR e certificação orgânica. No âmbito estadual, a análise demonstrou aproximação com os princípios da PEAPO, principalmente pelo manejo sustentável do solo, produção de insumos na propriedade, uso de barreiras vegetais, acompanhamento técnico e inserção em mercados locais. Já na esfera municipal, observou-se a importância dos instrumentos de planejamento, como os planos de resíduos e saneamento, para atender de forma mais efetiva às demandas do meio rural.

Entre as principais potencialidades identificadas, destacam-se a produção orgânica certificada, a conservação ambiental, a preservação de sementes crioulas, a autonomia na produção de insumos, a comercialização em feiras e mercados regionais, o turismo rural pedagógico e a valorização dos saberes locais. Essas práticas demonstram que a agricultura familiar orgânica contribui para a sustentabilidade, a segurança alimentar, a geração de renda e o desenvolvimento rural. Além disso, os resultados evidenciam a importância da agroecologia e dos SPGs, uma vez que esses instrumentos articulam conhecimento técnico, participação social e educação ambiental, contribuindo para aproximar as políticas públicas da realidade vivenciada nas propriedades rurais.

Também foram identificadas fragilidades relacionadas à necessidade de maior articulação entre as políticas federais, estaduais e municipais. Diante disso, sugere-se que as políticas públicas ampliem o reconhecimento da produção orgânica como estratégia de desenvolvimento sustentável, com incentivo à agroecologia, fortalecimento da assistência técnica, apoio ao saneamento rural e ampliação dos espaços de comercialização dos produtos orgânicos, incluindo feiras, mercados públicos, cooperativas e programas governamentais de compra da produção local.

Conclui-se que o Sítio Agroecológico representa uma experiência relevante de agricultura familiar sustentável, pois articula produção orgânica, conservação ambiental, saneamento rural, educação ambiental, turismo rural e desenvolvimento local. Contudo, para que experiências como essa sejam fortalecidas e replicadas, é fundamental que as políticas públicas incorporem a produção orgânica de forma mais direta, integrada e permanente às ações de meio ambiente, saneamento, agroecologia e desenvolvimento rural.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel A. Agroecologia: a dinâmica científica da agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 dez. 2003.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura familiar emprega mais de 10 milhões de pessoas, mostra Censo Agropecuário. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

MARQUES, Paulo Eduardo Moruzzi; DÓRIA, Natália Gebrim. A integração da noção de soberania na concepção predominante de segurança alimentar e nutricional no Brasil. Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas, Campina Grande, v. 41, n. 2, p. 246-261, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 14.486, de 24 de janeiro de 2014. Institui a Política Estadual de Agroecologia e de Produção Orgânica. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 27 jan. 2014.

SABBADINI, Francisco Santos; COSTA, Kelly Alonso; MESQUITA, Miriam Machado Fabris. A temática da economia circular na engenharia de produção. In: Sustentabilidade, meio ambiente e responsabilidade social: artigos selecionados. Belo Horizonte: Poisson, 2020. v. 10.

SANTA ROSA (RS). Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Santa Rosa, RS: Prefeitura Municipal, 2026.

SANTA ROSA (RS). Prefeitura Municipal. Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PMGRS): relatório final: estudo de concepção consolidado. Santa Rosa, RS: Prefeitura Municipal de Santa Rosa, 2017.

SILVA, José Afonso da. Direito ambiental constitucional. 10. ed. São Paulo: Malheiros, 2013.

Capítulo 7

10.37423/260511015

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL - UCPI

Daniel Buchholz — *Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo*

Ana Paula Jung — *Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo*

Eduardo Daniel Schneider — *Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo*

Géssica Kupski — *Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo*

Karine Samara Boz Chrischum — *Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo*

Alcione Aparecida de Almeida Alves — *Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo*

RESUMO

A avaliação de indicadores de sustentabilidade ambiental em unidades de conservação constitui um instrumento fundamental para compreender a relação entre o uso público e a preservação dos recursos naturais. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo analisar indicadores de sustentabilidade ambiental de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral (UCPI), localizada na Região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A metodologia adotou abordagem qualitativa com caráter exploratório e descritivo dos sistemas ambientais. A coleta de dados ocorreu por meio de observação direta de campo envolvendo análise dos sistemas ambientais e a avaliação de indicadores de sustentabilidade ambiental na UCPI no ano de 2026. Para esta avaliação foram considerados os Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e os Indicadores de Condições Ambientais (ICA) relacionados aos eixos do saneamento básico. Os resultados da análise dos indicadores evidenciaram fragilidades específicas nos quatro eixos avaliados. De modo geral, as fragilidades identificadas concentram-se principalmente na ausência de monitoramento sistemático e de registros técnicos formais. Ainda assim, os resultados demonstram predominância de atendimento aos indicadores ambientais avaliados, evidenciando condições compatíveis com os objetivos de conservação ambiental da UCPI e indicando potencial para o fortalecimento das ações de gestão e sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Indicadores de Desempenho Ambiental; Indicadores de Condição Ambiental; Saneamento Básico.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade representa o processo de avaliar e mensurar a qualidade de um sistema de forma integrada e indissociável entre as dimensões ambiental e humana, avaliando suas características e a dinâmica em que se inserem (Clementino, Cândido, Firmino, 2023). Desta maneira, a sustentabilidade se consolida como um dos eixos centrais do desenvolvimento sustentável.

No Brasil, as políticas públicas ambientais vêm sendo cada vez mais orientadas para os eixos da sustentabilidade ambiental. Conforme Arakaki e Claudino (2024), a Constituição Federal Brasileira de 1988, é um dos documentos mais importantes quando se trata de ordenamento jurídico brasileiro, pois além de trazer direitos e deveres dos cidadãos, explicita a preocupação com o proteger e conservar o meio ambiente, em benefício das presentes e gerações futuras.

Considera-se que, com a promulgação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) de 1981 (Brasil, 1981) e da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) foi possível instituir uma sólida base legal para a proteção do meio ambiente e a afirmação dos direitos sociais. A partir deste arcabouço legal, as Unidades de Conservação (UC) constituem um dos principais instrumentos de implementação das políticas públicas ambientais no Brasil. Conforme estabelecido pela Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), essas áreas são definidas como espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração (Brasil, 2000).

Sob essa perspectiva, considerando que a qualidade ambiental está diretamente relacionada às condições de saneamento à definição de indicadores de sustentabilidade aplicados ao saneamento ambiental, a Lei nº 14.026/2020, que atualizou o marco legal do saneamento básico no Brasil, estabeleceu que o saneamento básico compreende um conjunto integrado de serviços, infraestruturas e instalações operacionais, abrangendo quatro componentes principais: (i) abastecimento de água potável, (ii) esgotamento sanitário, (iii) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e (iv) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Esses quatro eixos constituem dimensões fundamentais para a avaliação da sustentabilidade ambiental em áreas urbanas e periurbanas, por sua relação direta com a qualidade ambiental, a saúde pública e a gestão integrada dos recursos hídricos (UNESCO, 2023; Ana, 2025). Nesse contexto, tais componentes são amplamente utilizados como base para a definição de indicadores de

sustentabilidade, permitindo a mensuração do desempenho dos sistemas de saneamento sob uma perspectiva integrada e sistêmica, em consonância com as diretrizes do desenvolvimento sustentável e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 6 que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e o saneamento para todos até 2030 (UN-WATER, 2023).

O presente estudo teve como objetivo geral analisar os indicadores de sustentabilidade ambiental de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral (UCPI) localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, por meio da avaliação dos Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e dos Indicadores de Condições Ambientais (ICA) relacionados aos quatro eixos do saneamento básico previstos na legislação federal vigente, visando identificar fragilidades nos sistemas ambientais, subsidiar ações de monitoramento e contribuir para o fortalecimento da gestão e da sustentabilidade ambiental da UCPI.

MATERIAIS E MÉTODOS

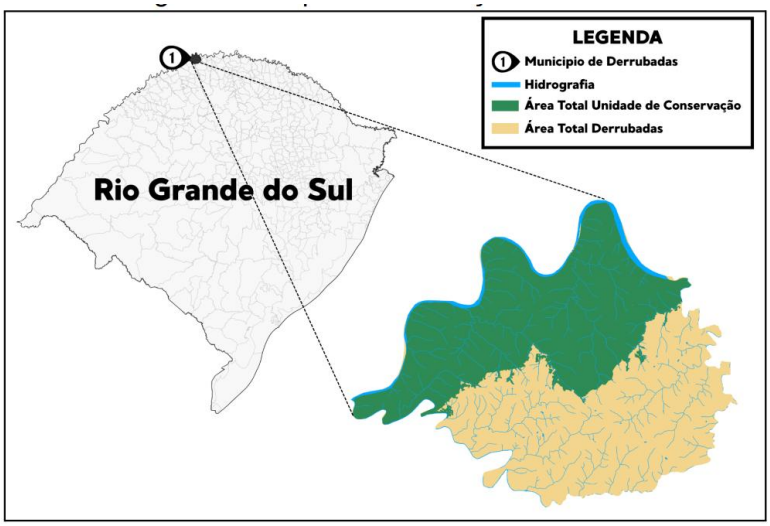
Área de Estudo

A UCPI, situa-se em Derrubadas/RS, em área inserida no bioma Mata Atlântica, com expressiva cobertura florestal associada ao Rio Uruguai e com o Salto do Yucumã. Embora a unidade possua 17.491,40 ha, a operação turística observada ocupa apenas uma fração reduzida desse total, o que contribui para manter grande parte da unidade de conservação (UC) com baixa intervenção direta (Rio Grande do Sul, 2026).

Além da relevância ecológica, o local apresenta valor geológico e paisagístico. Em material expositivo observado no auditório da UCPI, o Salto do Yucumã foi apresentado como o maior salto longitudinal do mundo, com cerca de 1.800 m de extensão e origem tectônica antiga, sendo visível quando parte do leito do rio fica exposta. Essa combinação entre patrimônio natural, biodiversidade e uso público controlado ajuda a justificar a pertinência da área como objeto de análise de indicadores ambientais em unidades de conservação.

Conforme ilustrado na Figura 1, é possível visualizar a localização da UCPI no estado do Rio Grande do Sul, sua inserção territorial no município de Derrubadas/RS, e o detalhamento interno da UCPI.

Figura 1 – Mapa de localização da UCPI.



Fonte: Autores (2026).

Procedimento de análise de indicadores de sustentabilidade na Unidade de Conservação de Proteção Integral

A metodologia adotou abordagem qualitativa com caráter exploratório e descritivo dos sistemas ambientais. A coleta de dados ocorreu por meio de observação direta de campo envolvendo análise dos sistemas ambientais e a avaliação de indicadores de sustentabilidade ambiental na UCPI no ano de 2026. Para esta avaliação foram considerados os Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e os Indicadores de Condições Ambientais (ICA) relacionados aos eixos do saneamento básico.

No Quadro 1 estão elencados os principais indicadores ambientais utilizados na avaliação dos eixos do saneamento básico na UCPI, abrangendo abastecimento de água, manejo de resíduos sólidos, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais. Os indicadores apresentados permitem analisar as condições ambientais e operacionais da UCPI, considerando aspectos relacionados ao monitoramento, controle, eficiência dos sistemas e atendimento às normas ambientais aplicáveis.

Quadro 1 – Indicadores ambientais de saneamento básico para análise dos quatro eixos de saneamento em Unidade de Conservação de Proteção Integral.

Fonte de definição dos indicadores (Lei, Norma, Decreto)	**Indicadores de desempenho ambiental (IDA) / Intervalo de mensuração**	**Indicadores de condições ambientais (ICA) / Intervalo de mensuração**
(1) Portarias n° 5/2017 e n° 888/2021 do Ministério da Saúde	a) Consumo de água subterrânea	a) Potabilidade da água
(1) Índice de qualidade das águas (IQA)	b) Consumo de água superficial	b) Índice de Qualidade da Água
(1) Resolução n° 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos; Resolução n° 121/2010 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos; ABNT NBR n° 10.844:1998	c) Reuso de água da chuva por cisterna para fins não potáveis	c) Qualidade da água de reuso em cisterna
(2) Lei Federal n° 12.305/2010. Estabelece a PNRS	a) Geração de resíduos per capita (visitantes e funcionários)	a) Segregação adequada de resíduos
(2) ABNT NBR n° 10.004:2004	b) Compostagem de resíduos orgânicos	b) Controle de resíduos perigosos e rejeitos
(2) ABNT NBR n° 10.007:2004	c) Eficiência da coleta seletiva	c) Monitoramento de áreas de acondicionamento e disposição
(2) Lei Federal n° 12.305/2010. Estabelece a PNRS	d)Destinação ambientalmente adequada dos rejeitos	d) Os rejeitos são enviados para aterro sanitário licenciado
(3) Lei Federal nº 11.445/2007 (PNSB); Lei Federal nº 14.026/2020.	a) Percentual de esgoto coletado / Tratado	a) Qualidade do esgoto tratado
(3)Resolução CONAMA nº 430/2011; Resolução CONSEMA nº 355/2017	b) Eficiência do sistema de tratamento (remoção de DBO/DQO)	b) Monitoramento de corpos receptores
(3)Lei nº 6.938/1981 (PNMA); Lei Federal nº 15.190/2025	c) Geração de esgoto por visitante	c)Licenciamento ambiental do sistema de tratamento de esgotamento sanitário
(3)Resolução CONAMA nº 430/2011	d) Carga orgânica lançada no ambiente	d) Controle de infiltração e vazamentos
(4)Lei nº 6.938/1981 (PNMA); Lei Federal nº 15.190/2025	a) Áreas permeáveis	a) Monitoramento de erosão e assoreamento
(4)Lei nº 6.938/1981 (PNMA); Lei Federal nº 9.433/1997 (PNRH)	b) Eficiência de sistemas de drenagem natural / pluvial	b) Manutenção de estruturas de drenagem
(4) Lei nº 9.985 /2000 (SNUC) Lei nº 12.651/2012	c) Supressão de espécies invasoras que podem comprometer os solos e a drenagem superficial	c) Preservação de espécies vegetais endêmicas

Fonte: Autores (2026). Legenda: (1) Água Potável; (2) Resíduos Sólidos; (3) Esgotamento sanitário; (4) Drenagem e manejo de águas pluviais.

O período de realização do estudo ocorreu nos meses de março a maio de 2026, onde foi realizado o levantamento de dados, observações e análise dos indicadores ambientais relacionados aos quatro eixos do saneamento básico da UCPI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

De acordo com o diagnóstico realizado in loco, relacionado aos quatro eixos do saneamento básico e, considerando os Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e dos Indicadores de Condições Ambientais (ICA), no que tange ao abastecimento de água, pode-se constatar que, este ocorre por fontes distintas, conforme a área atendida. No centro de visitantes, o fornecimento é realizado pela rede pública da Corsan/Aegea Saneamento, enquanto na área próxima ao acesso ao salto utiliza-se água proveniente de poço artesiano com sistema de cloração. Apesar disso, não há mensuração do consumo em volume (m^3), o que dificulta o controle e o monitoramento do uso hídrico. Em relação à potabilidade, foi informada a realização de testes na água proveniente do poço; no entanto, não foram apresentados laudos laboratoriais que comprovem os parâmetros de qualidade, o que impossibilita a verificação documental da segurança da água fornecida.

Não foi identificada captação de água superficial destinada ao abastecimento, tampouco sistemas de reuso hídricos, como cisternas ou mecanismos de reaproveitamento de efluentes, práticas inexistentes no local. Consequentemente, também não há monitoramento da qualidade da água para reuso. Embora o sistema atual atenda às demandas básicas do empreendimento, observa-se a necessidade de maior controle, monitoramento e registro das informações, especialmente em relação ao consumo e à qualidade da água.

A aparente ausência de controle de consumo e de análises laboratoriais de potabilidade representa uma limitação importante, principalmente a água provinda do poço artesiano. De acordo com Fortes, Barrocas e Kligerman (2019), a ampliação do abastecimento e do acesso a água não garante segurança e qualidade à população, é necessário considerar quantidade e qualidade simultaneamente, assim o acesso à água, por si só, não garante segurança hídrica, sendo imprescindível o monitoramento contínuo da qualidade. A inexistência desses controle pode expor a população à riscos sanitários, além de dificultar a gestão racional do recurso.

A gestão de resíduos sólidos na UCPI conta com pontos de coleta distribuídos nas áreas de maior circulação de visitantes, incluindo locais próximos ao acesso ao salto. Embora não exista um sistema

próprio de quantificação, estima-se uma geração potencial de até 788,25 kg/dia, considerando um fluxo máximo de 750 visitantes e um coeficiente médio de 1,051 kg/hab/dia, valor compatível com os parâmetros atuais de geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, 2025). Observa-se ainda a segregação entre resíduos secos e orgânicos, além da existência de uma central de armazenamento e de orientações destinadas aos visitantes. O manejo é realizado de forma contínua, com verificações diárias.

Por outro lado, não foi identificada uma estrutura formal para a compostagem de resíduos orgânicos, tampouco foram apresentados dados sobre os volumes processados ou sobre uma rotina operacional definida para essa atividade. A coleta seletiva também não possui indicadores quantitativos de eficiência, sendo avaliada apenas de forma operacional, enquanto o monitoramento das áreas de acondicionamento ocorre sem registros formais. Quanto à destinação final, os rejeitos comuns são encaminhados por meio da coleta municipal, e materiais específicos são destinados a empresas especializadas. Contudo, não foram apresentados documentos comprobatórios desses processos, o que limita a verificação da destinação ambientalmente adequada dos resíduos e do encaminhamento para aterro sanitário licenciado.

Embora exista coleta com segregação básica, o sistema demonstra baixa eficiência operacional e limitada agregação de valor. A inexistência de compostagem para a fração orgânica, aliada à ausência de indicadores de desempenho e comprovação da destinação final, revela um modelo ainda incipiente. Segundo Corrêa et al. (2015), a destinação correta dos resíduos sólidos parte da segregação básica realizada de maneira adequada, viabilizando a reciclagem e auxiliando na redução de impactos ambientais e na melhora da eficiência do sistema de gestão, priorizando a redução, reutilização e valorização dos materiais, o que não se observa plenamente no sistema analisado.

O sistema de esgotamento sanitário do local é descentralizado, apresentando diferentes estruturas conforme a área atendida. No centro de visitantes, utiliza-se um sistema composto por fossa séptica e sumidouro, enquanto na área próxima ao acesso ao salto há uma estrutura mais completa, formada por tanque séptico, tanque aeróbico, biofiltro aerado e sistema de raízes, inclusive com placa explicativa no local. Apesar dessas estruturas, não foram disponibilizadas informações sobre a capacidade de tratamento nem sobre o percentual de esgoto efetivamente tratado. Além disso, não há monitoramento comprovado da qualidade do efluente, uma vez que não foram apresentados

laudos laboratoriais. Dessa forma, a eficiência do sistema é avaliada apenas por meio de verificações operacionais e manutenções periódicas.

Respectivo ao dimensionamento dos tanques sépticos, a ABNT NBR n° 7.229/93 (ABNT, 1993), atualizada pela ABNT NBR n° 17.076/2024 (ABNT, 2024) que, prevê o dimensionamento do tanque séptico, bem como estabelece valores de contribuição diária de efluente (esgoto e lodo fresco) dependendo do tipo de unidade/dia, pode-se constatar que, não há informação quanto à capacidade total dos sistemas de tratamento de esgoto instalados no na UCPI, nem se as estruturas estão dimensionadas corretamente aos picos de visitantes nos meses de maior visitação ou se foram dimensionadas pela média total de visitantes do ano.

A análise do correto dimensionamento de tanques sépticos é de extrema importância, visto que em épocas de maior visitação a UCPI chega a receber 750 visitantes/dia, o que conforme os parâmetros estabelecidos na Tabela 1 tanto da ABNT NBR n° 7.229/93 (ABNT 1993) quanto da ABNT NBR n° 17.076/2024 (ABNT 2024), essa demanda pode resultar em uma contribuição diária estimada de 37.500 L de esgoto e 150 L de lodo fresco. Em contrapartida, em períodos de baixa visitação ou sob condições climáticas desfavoráveis, quando a UCPI recebe aproximadamente 10 visitantes por dia, a contribuição diária reduz-se significativamente, alcançando cerca de 500 L de esgoto e 2 L de lodo fresco.

Esse descompasso de quantidade de visitantes pode ocasionar que o sistema seja eficiente em um dimensionamento/ano, porém pode estar subdimensionado na época de maior visitação. Além disso, não foi possível confirmar a destinação final do efluente tratado nem verificar a existência de lançamento em corpos hídricos, assim como não foram apresentados documentos referentes ao licenciamento ambiental do sistema.

De acordo com Tonetti et al. (2021), o lançamento de efluentes tratados no meio ambiente sem controle adequado pode representar riscos significativos de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, uma vez que favorece a infiltração de nutrientes, matéria orgânica e patógenos, contribuindo para a degradação ambiental e para processos de eutrofização.

Cumpre destacar ainda que não há dados sobre a carga orgânica eventualmente lançada no ambiente. O controle do sistema é realizado por meio de inspeções quinzenais; entretanto, foram observados odores pontuais nas proximidades, o que evidencia a necessidade de maior monitoramento,

aprimoramento do controle operacional e comprovação documental dos processos. A ausência de dados sobre eficiência, capacidade de tratamento e destino final dos efluentes evidencia uma lacuna crítica.

Tonetti et al. (2021), ao analisarem o desempenho de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto, destacam que a eficiência do tratamento é condicionada às características operacionais do sistema, portanto, quando não monitorados, podem funcionar de maneira inadequada, resultando em contaminação do solo e de corpos hídricos, comprometendo tanto o ambiente quanto a saúde pública.

A área da UCPI apresentou predominância de superfícies permeáveis, correspondendo a aproximadamente 99% de sua extensão, com boa cobertura vegetal e áreas florestadas, o que favorece a infiltração da água e reduz o escoamento superficial. Observa-se também a presença de canaletas ao longo das áreas de circulação, responsáveis por conduzir a água em direção à mata, contribuindo para a dissipação da energia do fluxo e para a redução de sua intensidade. Embora não existam estruturas específicas para dissipar a velocidade da água nesses pontos, não foram identificados processos erosivos aparentes no momento da avaliação.

Os sistemas de drenagem natural e pluvial mostraram-se eficientes nas condições observadas, e, apesar da ausência de erosão ativa, há registro histórico associado à abertura de estradas, reforçando a importância do monitoramento contínuo, especialmente em períodos chuvosos. Por outro lado, a ausência de registros formais de monitoramento e de rotinas documentadas de manutenção das estruturas de drenagem representa uma fragilidade na gestão ambiental. Nesse contexto, o acompanhamento sistemático das condições de solo, drenagem e vegetação é essencial para garantir a conservação dos recursos naturais e a adequada gestão da área.

A predominância de áreas permeáveis dentro da UCPI é um aspecto positivo, pois contribui para a infiltração da água e redução do escoamento superficial. Carvalho et al. (2021) corroboraram com essa ideia, pois compreendem que áreas permeáveis agem como um mecanismo natural de controle hidrológico, sendo a composição do solo um fator importante para eficiência da drenagem.

Na Figura 2 se encontram os registros fotográficos dos quatro eixos do saneamento básico correspondente aos indicadores ambientais analisados na UCPI.

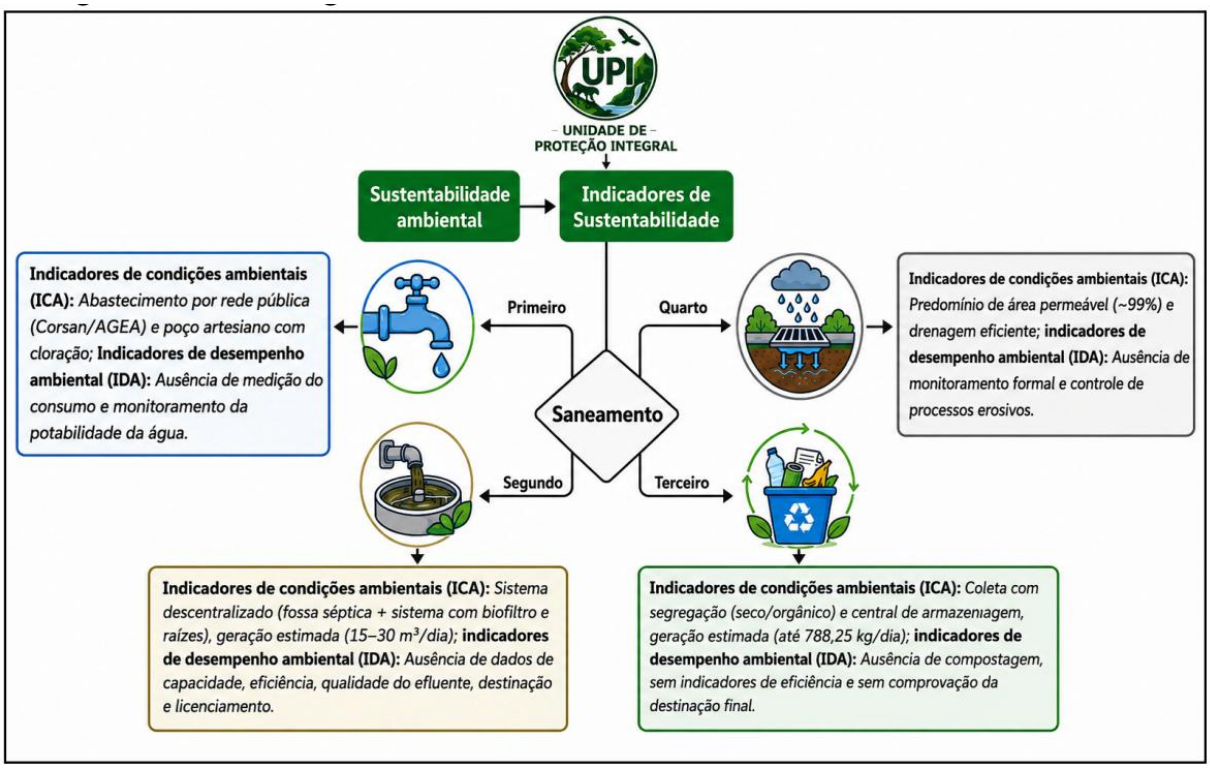
Figura 2 – Indicadores ambientais correspondentes aos quatro eixos do saneamento básico na UCPI.



Fonte: Autores (2026).

Considerando a necessidade de avaliar os quatro eixos do saneamento básico na UCPI, a organização metodológica dos indicadores de sustentabilidade utilizados no estudo pode ser visualizada no fluxograma da Figura 3, estruturado a partir do Índice de Desempenho Ambiental (IDA) e do Índice de Conservação Ambiental (ICA).

Figura 3 – Fluxograma de Indicadores de Sustentabilidade da UCPI



Fonte: Autores (2026).

O Fluxograma apresentado na Figura 3 evidencia a estrutura dos quatro eixos do saneamento básico, abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, sob a perspectiva de um sistema integrado. De forma geral, o fluxograma revela um sistema que, embora estruturado nos seus componentes básicos, apresenta fragilidades relacionadas à ausência de monitoramento, falta de indicadores de desempenho e limitações na gestão integrada.

Para Paganini e Bocchiglieri (2020), o saneamento deve ser pensado para além do seu aspecto estrutural, englobando uma gestão eficiente para sua qualidade operacional e acessibilidade, assim, a efetividade do saneamento não depende apenas da existência das estruturas, mas da sua operação qualificada, controle contínuo e capacidade de adaptação. Nesse sentido, o sistema analisado demanda avanços significativos para atingir padrões adequados de eficiência, sustentabilidade e segurança ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do objetivo proposto neste estudo, que consistiu em analisar indicadores de sustentabilidade ambiental na UCPI com base nos eixos do saneamento básico, verificou-se que a unidade apresentou atendimento parcial aos Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e aos Indicadores de Condições Ambientais (ICA) avaliados. Os resultados evidenciaram a existência de estruturas operacionais relacionadas ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais, porém com limitações associadas principalmente ao monitoramento, à mensuração de dados e à comprovação documental das atividades realizadas.

No eixo de abastecimento de água, constatou-se ausência de controle do consumo e inexistência de registros laboratoriais que comprovassem a potabilidade da água proveniente do poço artesiano utilizado na unidade. Em relação ao esgotamento sanitário, observaram-se limitações quanto à comprovação da eficiência do tratamento, da capacidade operacional dos sistemas existentes e da destinação final dos efluentes gerados. No manejo de resíduos sólidos, identificou-se segregação básica dos resíduos, entretanto sem indicadores quantitativos, sem sistema formal de compostagem e sem registros documentais que comprovassem a destinação ambientalmente adequada. Já no eixo de drenagem e manejo de águas pluviais, verificou-se predominância de áreas permeáveis e condições ambientais favoráveis, embora não tenham sido identificados registros formais de monitoramento e manutenção das estruturas de drenagem.

De modo geral, as fragilidades identificadas concentram-se principalmente na ausência de monitoramento sistemático e de registros técnicos formais. Ainda assim, os resultados demonstram predominância de atendimento aos indicadores ambientais avaliados, evidenciando condições compatíveis com os objetivos de conservação ambiental da UCPI e indicando potencial para o fortalecimento das ações de gestão e sustentabilidade ambiental.

Dessa forma, concluiu-se que a adoção de instrumentos permanentes de monitoramento, associada à consolidação de indicadores ambientais e registros técnicos, poderá contribuir para o fortalecimento da gestão ambiental na UCPI, promovendo maior eficiência operacional, segurança sanitária e sustentabilidade ambiental na unidade de conservação.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro/RJ, 1993.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14031 Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental - Diretrizes. Rio de Janeiro/RJ, 2015.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17076 Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte - Requisitos. Rio de Janeiro/RJ, 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores. 3. ed. Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6. Acesso em: 4 maio 2026.

ARAKAKI, Nathalie de Oliveira; CLAUDINO, Guilherme dos Santos. Políticas públicas ambientais no Brasil: caminhos e perspectivas dos principais marcos. Revista Ensin@ UFMS, Três Lagoas, MS, v. 5, n. 9, p. 399-421, dez. 2024. DOI:10.55028/revens.v5i9.20672. Disponível em: https://periodicos.ufms.br/index.php/anacptl/article/view/20672. Acesso em: 7 maio 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2025. São Paulo: ABREMA, 2025. Disponível em: https://www.abrema.org.br/panorama/. Acesso em: 14 maio 2026.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 7 maio 2026.

CARVALHO, Camila de; VALQUES, Igor José Botelho; CAMACHO, Ana Beatriz Chorro; MOLINARI, Deise; ARANHA, Ana Caroline Raimundini; OKAWA, Cristhiane Michiko Passos. Soluções baseadas na natureza (SBN) para gestão de águas pluviais e drenagem urbana: uma revisão sistemática da literatura com análise bibliométrica. Journal of Exact Sciences, v. 46, n. 2, p. 05-18, jul./set. 2025. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20250810_195029.pdf. Acesso em: 16 abr. 2026.

CLEMENTINO, Thais Aparecida Ribeiro; CÂNDIDO, Estelita Lima; FIRMINO, Paulo Renato Alves. A importância da aplicação de métodos de previsão de demanda nas indústrias sob a ótica do desenvolvimento regional sustentável: uma revisão narrativa. In: BRITO, Higor Costa de; SILVA, Manoel Mariano Neto da (org.). Meio ambiente e sustentabilidade: pesquisas, reflexões e diálogos emergentes. v. 4. Campina Grande: Amplla, 2023. p. 220-236. DOI: 10.51859/amplla.mas3200-17. Disponível em: https://ampllaeditora.com.br/books/2023/07/MeioAmbienteSustentabilidade.pdf. Acesso em: 15 abr. 2026.

CORRÊA, Luciara Bilhalva; HERNANDES, Juliana Carriconde; SANTOS, Cibele Velleda; SANTOS, Weslei Martins; COLARES, Gustavo Stolzenberg; CORRÊA, Érico Kunde. Análise social de um programa de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 193-201, maio/ago. 2015. DOI: 10.5902/2236130818876. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/18876. Acesso em: 16 de abril de 2026.

DERRUBADAS. Parque Florestal Estadual do Turvo. Município de Derrubadas/RS. Disponível em: https://derrubadas-rs.com.br/site/turvo.htm. Acesso em: 14 de maio de 2026.

FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. Saúde em Debate, Rio de Janeiro, v. 43, n. esp. 3, p. 20-34, 2019. DOI: 10.1590/0103-11042019S302. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sdeb/a/MScwKFMGMHc9j5yv49ZwhHM/?format=html&la ng=pt. Acesso em: 16 abr. 2026.

PAGANINI, Wanderley da Silva; BOCCHIGLIERI, Miriam Moreira. O Novo Marco Legal do Saneamento: universalização e saúde pública. Revista USP, São Paulo, n. 128, p. 45-60, 2021. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.i128p45-60. Disponível em: https://revistas.usp.br/revusp/article/view/185407. Acesso em: 16 de abril de 2026.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. Parque Estadual do Turvo. Porto Alegre: SEMA, 2026. Disponível em: https://sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-turvo. Acesso em: 7 de maio de 2026.

TONETTI, Adriano Luiz; CRUZ, Luana Mattos de Oliveira; GOMES, Bianca Graziella Lento Araújo; FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles. Uso de tanque séptico e filtro de areia no tratamento de esgoto e benefícios do filtro anaeróbio. Revista DAE, São Paulo, v. 69, n. 232, p. 104-118, out./dez. 2021. DOI: 10.36659/dae.2021.064. Disponível em: https://www.revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_232_n_1991.pdf. Acesso em: 16 abr. 2026.

UN-WATER. Summary Progress Update 2023: SDG 6: water and sanitation for all. Geneva: UN-Water, 2023. Disponível em: https://www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2023-sdg-6-wa ter-and-sanitation-all. Acesso em: 5 maio 2026.

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água. Paris: UNESCO, 2023. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por. Acesso em: 5 maio 2026.

Capítulo 8

10.37423/260511016

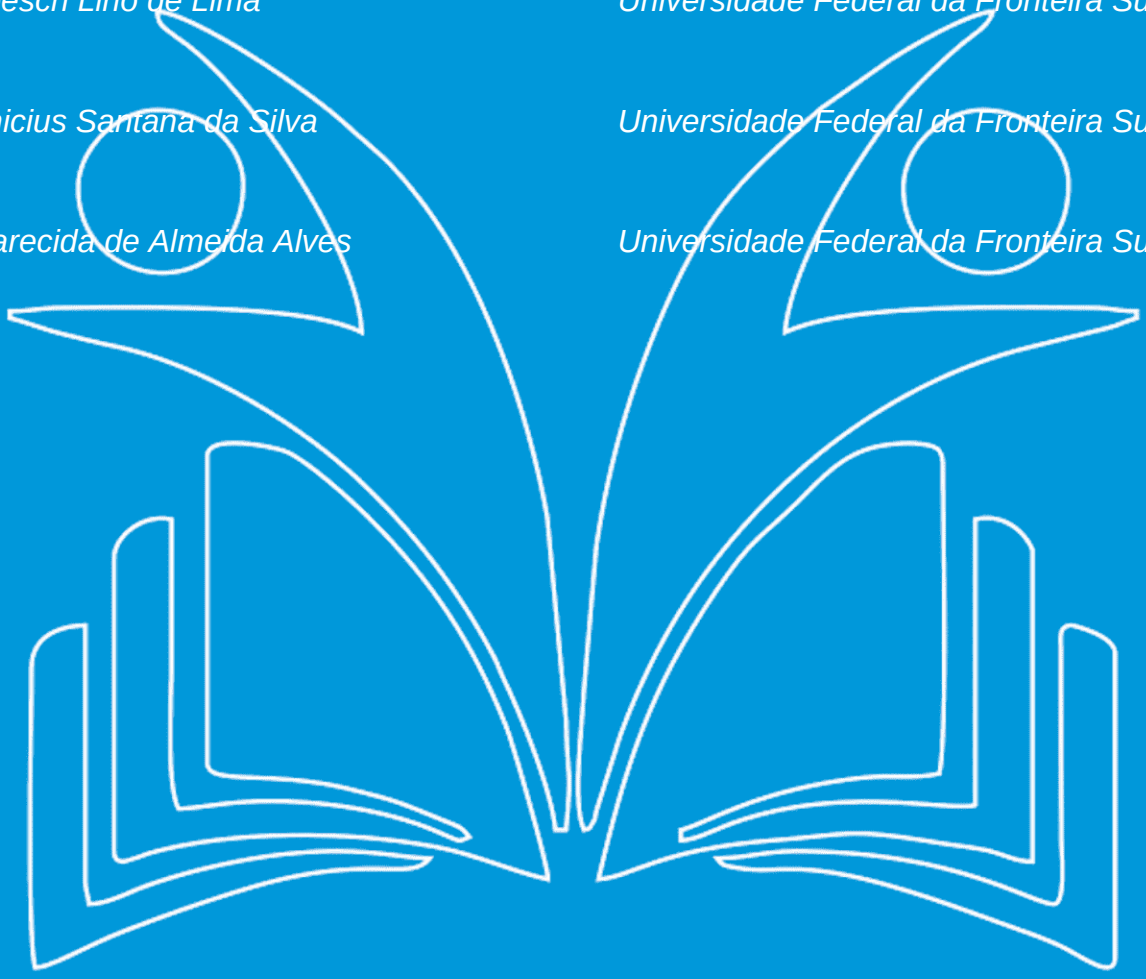
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Amanda Mendonça Azambuja — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Mariane Boesch Lino de Lima — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Richard Vinicius Santana da Silva — *Universidade Federal da Fronteira Sul*

Alcione Aparecida de Almeida Alves — *Universidade Federal da Fronteira Sul*



RESUMO

A avaliação de indicadores de sustentabilidade ambiental em cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis permite identificar condições operacionais, ambientais e sanitárias relacionadas à gestão de resíduos sólidos urbanos. Nesse contexto, o presente estudo analisou os indicadores de sustentabilidade ambiental de uma Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, situada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Por meio de abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, foram avaliados os Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e os Indicadores de Condições Ambientais (ICA) relacionados às dimensões dos recursos hídricos, gestão de resíduos sólidos e águas residuárias. Os resultados da análise dos indicadores evidenciaram potencialidades como o monitoramento da água subterrânea e sistema organizado de triagem, segregação e comercialização dos materiais recicláveis e fragilidades relacionadas às limitações no armazenamento de resíduos sólidos e falta de monitoramento de efluentes. Conclui-se que os indicadores ambientais foram essenciais para identificar desempenho e condição ambiental na Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos, Indicadores ambientais, Economia circular.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado à expansão das atividades urbanas e industriais, têm provocado um aumento significativo na geração de resíduos sólidos. Diante desse cenário, torna-se necessária a adoção de práticas sustentáveis que contribuam para com a promoção do desenvolvimento sustentável, o qual surgiu como uma alternativa indispensável para conciliar crescimento econômico, preservação ambiental e justiça social, com foco no uso racional dos recursos naturais e a redução dos impactos ambientais causados pelas ações humanas (Gonzales, Costa, Signor, 2020).

Dentre os pilares do desenvolvimento sustentável, destaca-se a sustentabilidade ambiental, sendo esta, um dos pilares fundamentais desse modelo. A sustentabilidade ambiental busca implementar práticas voltadas à conservação dos recursos naturais, à redução dos impactos ambientais e à melhoria da qualidade de vida da população, especialmente no que se refere ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos (Guabiroba, Jacobi, Abegão, 2023).

No Brasil, a gestão dos resíduos sólidos passou a receber maior atenção a partir da promulgação da Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e estabeleceu diretrizes relacionadas à não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, além de reconhecer a importância socioambiental dos catadores de materiais recicláveis.

Neste contexto, as Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis desempenham papel fundamental na coleta seletiva e na destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos urbanos. Além da contribuição ambiental relacionada à diminuição do volume de resíduos encaminhados aos aterros sanitários, essas organizações promovem inclusão social, geração de renda e fortalecimento da economia circular (Streit, Specht, Behr, 2023). Entretanto, muitas Cooperativas ainda enfrentam dificuldades relacionadas à infraestrutura, gestão operacional, segurança no trabalho e apoio institucional, fatores que podem comprometer a eficiência de suas atividades e sua sustentabilidade ao longo do tempo (Costa et al., 2023).

Diante desse contexto, os indicadores de sustentabilidade tornam-se importantes ferramentas de avaliação permitindo analisar aspectos ambientais, sociais e econômicos relacionados ao funcionamento das Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, está localizada na área do antigo lixão de um município do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (RS).

A pesquisa caracterizou-se como pesquisa de campo, com abordagem observacional, realizada por meio de visitas in loco à área de estudo. Durante as atividades, procedeu-se à observação direta dos aspectos relacionados aos Indicadores de Sustentabilidade, aos Indicadores de Condição Ambiental (ICA) e aos Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA), sendo as informações registradas e sistematizadas em planilha elaborada especificamente para a pesquisa, com a finalidade de subsidiar a análise e a avaliação dos indicadores ambientais investigados.

Para fins de análise dos indicadores ambientais, seguiu-se o preconizado no Quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores ambientais avaliados na Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis/Seleção de RSU.

Referência Ambiental	**Indicadores de desempenho ambiental (IDA)**	**Indicadores de condições ambientais (ICA)**
Água	Consumo de água subterrânea; Consumo de água superficial; Reuso de água da chuva por cisterna – volume; Reuso de água de lavagem de materiais e equipamentos – volume.	Potabilidade da água; Índice de Qualidade da Água; Qualidade da água de reuso em cisterna; Qualidade da água de reuso de materiais e equipamentos.
Gestão de resíduos sólidos	Volume de resíduos; Origem; Tipologia e classificação.	Espaços destinados para depósito de resíduos que chegam (transbordo) e que saem (expedição); Agentes geradores.
Águas residuárias	Efluentes; Caixa de gordura; Disposição ambientalmente adequada.	Eficiência do processo de tratamento; Estrutura e acessibilidade; Existência de canaletas e caixa de recolhimento; Há monitoramento desse efluente da caixa coletora.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indicadores de sustentabilidade em uma Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO n° 14031:2015, os indicadores ambientais constituem ferramentas importantes para a avaliação do desempenho ambiental das

organizações, possibilitando o monitoramento das atividades desenvolvidas, a identificação de impactos ambientais e o suporte à tomada de decisões voltadas à melhoria contínua da gestão ambiental (ABNT, 2015).

Os indicadores de sustentabilidade utilizados na avaliação da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis em relação às dimensões ambientais dos recursos hídricos, da gestão de resíduos sólidos e das águas residuárias, permitiram identificar aspectos ambientais relevantes do local, bem como fragilidades e potencialidades associadas às atividades desenvolvidas na área.

Indicadores de desempenho e de condição ambiental da água

Os indicadores de sustentabilidade relacionados ao uso e monitoramento da água permitiram avaliar as condições de abastecimento hídrico, qualidade da água subterrânea e práticas de reaproveitamento hídrico desenvolvidas na Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis. A análise demonstrou que o abastecimento ocorre por meio de poço artesiano, com monitoramento realizado por empresa terceirizada (ARTIBRAS), entretanto, observou-se a ausência de monitoramento periódico da potabilidade da água utilizada pelos cooperados, bem como inexistência de sistemas de captação e reaproveitamento de águas pluviais e de reuso de água de lavagem de equipamentos.

A inexistência de sistemas de captação e reaproveitamento de águas pluviais evidencia limitações relacionadas à gestão sustentável dos recursos hídricos no empreendimento. De acordo com a ABNT NBR n° 15527:2019, o aproveitamento de água de chuva constitui uma alternativa importante para usos não potáveis, contribuindo para a redução do consumo de água potável e para o uso racional dos recursos hídricos. Além disso, a Ministério do Meio Ambiente destaca que práticas voltadas à conservação e ao gerenciamento eficiente da água são fundamentais para a sustentabilidade ambiental e para a minimização de impactos associados às atividades antrópicas, especialmente em empreendimentos relacionados à gestão de resíduos sólidos (ABNT, 2019; BRASIL, 2006).

Além disso, embora existam poços de monitoramento/piezômetros instalados na área do antigo lixão, verificou-se baixa frequência no monitoramento da qualidade da água subterrânea. A elaboração desses indicadores mostra-se fundamental para o empreendimento, considerando que a qualidade da água está diretamente relacionada às condições sanitárias, ambientais e ocupacionais da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, especialmente em áreas anteriormente utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos. Estudos recentes apontam que o monitoramento hídrico

constitui um dos principais instrumentos de prevenção da contaminação ambiental em áreas degradadas, contribuindo para a gestão sustentável e para a mitigação de riscos ambientais e à saúde pública (Alves et al., 2023; Carvalho et al., 2024).

Quanto aos indicadores de condições ambientais, observou-se que a potabilidade da água não foi informada detalhadamente, porém são realizadas análises periódicas da qualidade da água proveniente de poço com sistema de cloração acoplado às caixas d'água, com avaliação semestral.

No que se refere a qualidade da água superficial, constatou-se que, o monitoramento foi realizado por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), considerando parâmetros como oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20}$), temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduos totais, entretanto, não foi disponibilizado o valor final do IQA obtido para o Arroio São João, impossibilitando uma análise mais detalhada das condições de qualidade hídrica da área monitorada. No entanto, verificou-se que a análise do Arroio São João, tanto a montante quanto a jusante, foi realizada apenas uma vez, o que limitou um acompanhamento contínuo das condições hídricas locais e a avaliação de possíveis impactos ambientais decorrentes das atividades anteriormente desenvolvidas na área do antigo lixão.

A realização de monitoramentos periódicos da qualidade da água superficial e subterrânea mostra-se essencial em áreas anteriormente utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos, considerando o potencial risco de contaminação do solo e dos recursos hídricos por substâncias oriundas da decomposição dos resíduos. De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, o monitoramento dos corpos hídricos constitui importante instrumento para avaliação das condições ambientais e controle da qualidade das águas. Nesse contexto, a ampliação da frequência das análises e do acompanhamento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos poderia contribuir para uma avaliação mais representativa das condições ambientais da área e para o fortalecimento das ações de gestão ambiental do empreendimento.

Indicadores de desempenho e de condição ambiental da gestão de resíduos sólidos

As condições observadas em campo evidenciaram aspectos relacionados ao armazenamento temporário, separação e acondicionamento dos resíduos recicláveis na Cooperativa. A Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis apresentou disposição dos materiais em áreas parcialmente descobertas, bem como o acúmulo de resíduos destinados à triagem e posterior comercialização,

observou-se ainda a utilização de bags para separação dos materiais recicláveis, especialmente plásticos, refletindo as práticas operacionais adotadas pela Cooperativa no processo de gerenciamento dos resíduos sólidos recebidos.

A partir das condições observadas no local, verificou-se que a Cooperativa realizou etapas importantes relacionadas à segregação e ao acondicionamento dos resíduos recicláveis, contribuindo para a redução do volume de materiais encaminhados à disposição final em aterros sanitários. Entretanto, também foram identificadas fragilidades relacionadas ao armazenamento temporário dos resíduos diretamente sobre o solo e à exposição dos materiais às condições climáticas, fatores que podem favorecer a geração de impactos ambientais, como produção de lixiviados, proliferação de vetores e degradação dos materiais recicláveis. Nesse contexto, a adoção de melhorias estruturais voltadas à cobertura, impermeabilização e organização das áreas de armazenamento poderia contribuir para o fortalecimento das condições ambientais e operacionais da Cooperativa.

Os indicadores vinculados à gestão de resíduos sólidos possibilitaram avaliar as condições operacionais relacionadas ao recebimento, segregação, armazenamento, acondicionamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos processados pela Cooperativa. Os dados demonstraram que a Cooperativa desempenha papel relevante na coleta seletiva e recuperação de materiais recicláveis do município, embora ainda existam limitações relacionadas ao aproveitamento dos resíduos recebidos, disposição inadequada de determinados materiais e contaminação dos recicláveis por resíduos orgânicos. No caso dos resíduos vítreos, observou-se a necessidade de acondicionamento em local específico, considerando os riscos associados ao manuseio e armazenamento desse material. Conforme a literatura recente, a correta classificação e segregação dos resíduos sólidos constituem etapas fundamentais para o fortalecimento da gestão integrada de resíduos, contribuindo para o aumento das taxas de reciclagem, redução dos impactos ambientais e melhoria das condições operacionais em Cooperativas de Reciclagem (Guabiroba, Jacobi, Abegão, 2023; Santos, Ferreira, 2024).

Dentre os principais resíduos sólidos identificados na Cooperativa, contemplando sua classificação conforme a ABNT NBR nº 10.004:2004, observou-se a predominância de resíduos recicláveis classificados como Classe II A – Não Inertes, além da presença de resíduos Classe II B – Inertes, demonstrando a diversidade de materiais recebidos pela unidade e a necessidade de adoção de procedimentos adequados de segregação, acondicionamento e destinação final ambientalmente

adequada. Ressalta-se que resíduos classificados como Classe I – Perigosos não são recebidos pela cooperativa.

Mensalmente, são recebidas aproximadamente 520 toneladas de resíduos sólidos, provenientes principalmente de fontes comerciais e residenciais, sendo que cerca de 130 toneladas por mês são efetivamente aproveitadas, o que corresponde a aproximadamente 20% a 30% do total recebido. Em relação à tipologia e classificação, os resíduos são separados conforme o material recebido, incluindo polímeros (plásticos e EPS), madeiras, metais, entre outros, com avaliação semanal. Quanto às condições ambientais, verificou-se que a unidade não possui área de transbordo para armazenamento temporário dos resíduos, embora realize atividades de triagem e acondicionamento conforme sua capacidade operacional.

O gerenciamento dos resíduos é realizado pelos cooperados e envolve etapas de coleta, separação, transporte, armazenamento, tratamento e destinação final. Após o recebimento, os resíduos passam por uma esteira elétrica para classificação manual, sendo posteriormente segregados por tipologia, acondicionados em bags e enfardados para encaminhamento à reciclagem. Também foi informado o uso de alguns equipamentos de proteção individual (EPIs), porém, no momento da visita técnica, à central de triagem não estava em operação.

Apesar da realização das etapas de triagem e acondicionamento dos resíduos recicláveis, observou-se que a Cooperativa apresentou limitações relacionadas à infraestrutura ambiental, especialmente quanto ao manejo de águas residuárias e sistemas de drenagem. Considerando que as atividades desenvolvidas envolvem o armazenamento temporário de resíduos sólidos e circulação constante de materiais, o gerenciamento adequado dos efluentes gerados torna-se fundamental para prevenção de impactos ambientais, contaminação do solo e comprometimento das condições sanitárias da área.

Indicadores de desempenho e de condição ambiental das águas residuárias

A observação das estruturas do sistema de tratamento e manejo das águas residuárias geradas na Cooperativa, contemplando a caixa de passagem destinada ao encaminhamento dos efluentes sanitários para o sistema de fossa séptica e a caixa de gordura localizada na área da cozinha/refeitório, permitiu avaliar aspectos relacionados ao tratamento, manutenção e controle dos efluentes gerados no empreendimento, contribuindo para a análise das condições ambientais e sanitárias da unidade.

Na dimensão ambiental relacionada às águas residuárias, foram identificados indicadores voltados à geração, tratamento e destinação dos efluentes produzidos na unidade. Os efluentes gerados são provenientes, principalmente, dos sanitários e da limpeza das instalações, sendo destinados a um sistema composto por fossa séptica e sumidouro. Observou-se que o monitoramento desse sistema deve ser realizado sempre que ocorrerem alterações significativas no número de trabalhadores, bem como de forma periódica, visando avaliar sua eficiência operacional e prevenir possíveis impactos ambientais decorrentes do lançamento inadequado de efluentes.

Também foi identificada a necessidade de acompanhamento periódico da eficiência do sistema de tratamento, especialmente durante os períodos de maior utilização das estruturas sanitárias da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis. Em relação à caixa de gordura existente na área da cozinha/refeitório, observou-se acúmulo excessivo de material gorduroso, ausência de tampa adequada e falta de manutenção e limpeza periódica. Embora o local possua apenas uma cozinha de pequeno porte, recomenda-se que a limpeza da caixa de gordura seja realizada regularmente, a fim de evitar problemas operacionais, odores, obstruções e possíveis impactos ambientais.

No que se refere ao recolhimento de efluentes provenientes do manejo de resíduos sólidos, verificou-se que a área não possui camada impermeabilizante, canaletas de drenagem ou caixas de contenção para coleta desses líquidos, evidenciando fragilidades estruturais e potenciais riscos de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Além disso, constatou-se a inexistência de sistema adequado para coleta, tratamento e destinação final dos efluentes provenientes da lavagem de embalagens recicláveis, como caixas de leite e recipientes de óleo, bem como ausência de monitoramento desses resíduos líquidos. Dessa forma, recomenda-se que a frequência de coleta, manutenção e controle desses efluentes seja estabelecida de acordo com o volume gerado e com as condições operacionais da Cooperativa.

Com base nos indicadores ambientais, observa-se que a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis desempenha importante papel ambiental no município, especialmente no que se refere à coleta seletiva, triagem e recuperação de resíduos recicláveis. Entretanto, os indicadores analisados demonstram que, apesar da existência de práticas relacionadas à sustentabilidade ambiental, ainda são identificadas limitações estruturais, operacionais e de monitoramento ambiental, principalmente nas dimensões relacionadas aos recursos hídricos, à gestão de resíduos sólidos e às águas residuárias.

Para otimizar a visualização dos dados obtidos nesse estudo foi elaborado um fluxograma, visualizado na Figura 1, no qual consta uma síntese dos principais indicadores de sustentabilidade ambiental identificados na Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, organizados conforme as dimensões relacionadas aos recursos hídricos, gestão de resíduos sólidos e águas residuárias.

Figura 1 - Fluxograma dos aspectos ambientais da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis.



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de IA, 2026.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados analisados em relação à sustentabilidade dos recursos hídricos demonstram que a Cooperativa apresenta ações positivas nos Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA),

principalmente quanto ao monitoramento do consumo e da qualidade da água por meio da utilização do poço artesiano, que conta com acompanhamento mensal e análises periódicas realizadas por empresa terceirizada (ARTIBRAS). Entretanto, os Indicadores de Condição Ambiental (ICA) evidenciaram fragilidades relacionadas à ausência de estratégias de reuso e reaproveitamento da água, demonstrando limitações na sustentabilidade dos recursos hídricos, considerando que práticas relacionadas ao aproveitamento de águas cinzas são incentivadas pela legislação ambiental. Além disso, a análise da qualidade da água por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), limitada ao Arroio São João, apresentou restrições para uma compreensão mais abrangente das condições hídricas locais.

Os dados coletados referentes à gestão dos resíduos sólidos demonstram, por meio dos Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA), a relevância da Cooperativa no manejo e encaminhamento de resíduos recicláveis, considerando a quantidade captada e o sistema organizado de separação e valorização dos materiais. Além disso, o trabalho desenvolvido pelos cooperados evidencia a importância social e ambiental da atividade, contribuindo para a redução da disposição inadequada de resíduos e para o fortalecimento da economia circular. Contudo, os Indicadores de Condição Ambiental (ICA) apontaram desafios relacionados à baixa taxa de aproveitamento dos materiais recebidos, limitações na capacidade operacional e ausência de área de transbordo para armazenamento temporário dos resíduos, fatores que podem comprometer a organização e a eficiência das atividades desenvolvidas.

Na dimensão relacionada às águas residuárias, os Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) demonstraram a existência de sistema de tratamento composto por fossa séptica e sumidouro para os efluentes sanitários gerados na Cooperativa. Entretanto, os Indicadores de Condição Ambiental (ICA) evidenciaram fragilidades estruturais relacionadas à ausência de impermeabilização do solo, inexistência de canaletas e sistemas de contenção para líquidos provenientes do manejo dos resíduos sólidos, além da necessidade de manutenção periódica da caixa de gordura existente na área da cozinha/refeitório. Tais condições podem representar potenciais riscos de contaminação ambiental e comprometimento das condições sanitárias da área.

Por fim, pode-se concluir que a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis ainda apresenta alguns desafios a serem enfrentados para desempenhar uma gestão mais eficiente e alinhada aos princípios da sustentabilidade. Destacamos a necessidade de ampliar a frequência do monitoramento e implementar práticas de reuso hídrico, investimentos em infraestrutura, ampliação da capacidade

operacional e fortalecimento das práticas de segurança e monitoramento visando maior eficiência ambiental, social e econômica.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. B. P. E. A.. Indicadores de sustentabilidade para avaliação de programas de coleta seletiva: estudo de caso na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 28, n. 3, 2023. Disponível em:https://l1nq.com/va9x6v9. Acesso em: 14 maio 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004:2024 – Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2024. 60 p. Disponível em: https://l1nq.com/rlpnydm. Acesso em: 14 maio 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14031: gestão ambiental — avaliação de desempenho ambiental — diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. Disponível em:https://l1nq.com/ephvdkw. Acesso em: 14 maio 2026.

BRASIL. ABNT NBR 17076:2024. Fossa, filtro e sumidouro. Rio de Janeiro: ABNT, 2024

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2022. Disponível Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2022. Disponível em: https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1504286029/decreto-10936-22. Acesso em: 14 maio 2026

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, p. 1, 3 ago. 2010. Disponível em:https://acesse.one/b870u5g. Acesso em: 14 maio 2026.

BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445/2007 para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reúso não potável das águas cinzas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 abr. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/l14546.htm. Acesso em: 14 maio 2026.

CARVALHO, D. S.; FROEHLICH, A. G. SGUAREZI, S. B.. Além da Coleta: Como os indicadores revelam a sustentabilidade das Cooperativas de Catadores de materiais recicláveis. Revista de estudos interdisciplinares, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 01–14, 2025. DOI: 10.56579/rai.v7i4.1902. Disponível em: https://l1nq.com/1re7uf5. Acesso em: 16 Abr. 2026.

COSTA, L.. F.; MARTINS, A. P.; ROCHA, E. G. Cooperativas de reciclagem e os desafios da sustentabilidade operacional. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 12, n. 1, p. 88-104, 2023.

CRUZ, G. H. A.; SILVEIRA, H.; BALDO, M. C.. Estudo da viabilidade técnica de implantação de fossa séptica em Nitossolo Vermelho e aterro. Geographia Opportuno Tempore, v. 6, n. 2, p. 87–99, 2021. DOI: https://doi.org/10.5433/got.2020.v6.41870. Disponível em: https://l1nq.com/u1eo4yq. Acesso em: 14 maio 2026.

DIAS, S. E. O.; SANTOS, M. L. L.; FERREIRA, M. C. L.. Fragilidades e potencialidades na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v. 15, e20220155, 2023. DOI: 10.1590/2175-3369.015.e20220155. Disponível em: https://www.scielo.br/j/urbe/a/VphbjGPyh6QDYKDc4X6tK4m/?lang=pt. Acesso em: 19 maio 2026

GONZALEZ, A. C.; COSTA, M. L.; SIGNOR, A.. Desenvolvimento sustentável: perspectivas e desafios para a sociedade moderna. International Journal of Environmental Resilience Research and Science, [S. l.], v. 2, n. 2, 2020. DOI: 10.48075/ijerrs.v2i2.26260. Disponível em: https://l1nq.com/xmtqvbu. Acesso em: 19 maio 2026.

GUABIROBA, R. C. S.; JACOBI, P. R.; ABEGÃO, L. H.. Avaliação da sustentabilidade em Cooperativas de Catadores: Um caso no município de Volta Redonda/RJ. Revista valore, [S. l.], v. 8, p. e-8087, 2023. DOI: 10.22408/reva8020231358e-8087. Disponível em: https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1358. Acesso em: 16 Abr. 2026.

LEFF, E.. Saber ambiental. Petrópolis: Vozes, 2010.

PISANO, V.; Jacques Demajorovic; BESEN, G. R.. Indicadores de sustentabilidade e rede de Cooperativas de Catadores: uma avaliação do impacto no desempenho de suas organizações-membros. Cadernos EBAPE.BR, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5,e2023-0107, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cebape/a/JZnzS5pqvmsSCHtJrjjyWxF/?lang=pt. Acesso em: 16 Abr 2026.

SINGER, P.. Introdução à economia solidária. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2002.

STREIT, A. F. M.; SPECHT, S.; BEHR, E. R.. Situação socioeconômica e as perspectivas de catadores de materiais recicláveis de Mendoza, Argentina e Santa Maria, Brasil. AUGM DOMUS, La Plata, v. 10, p. 006, 2023. DOI: 10.24215/18522181e006. Disponível em:https://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/article/view/3827. Acesso em: 19 maio 2026.

TABONI JUNIOR, L. R. E. A.. Sistema para aproveitamento de água pluvial de um aterro sanitário para fins não potáveis. In: Congresso Sul-americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, 2., 2019. Anais [...]. Foz do Iguaçu: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2019. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/XI-019.pdf. Acesso em: 14 maio 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Análise e classificação de resíduos sólidos conforme NBR 10004. Florianópolis, 2013. Material didático. Disponível em: https://analiticaqmc.paginas.ufsc.br/files/2013/07/residuos-nbr10004.pdf. Acesso em: 12 maio 2026.

VEIGA, J. E.. Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.

VIEIRA, Fabíola Sulpino. O financiamento da saúde no Brasil e as metas da Agenda 2030: alto risco de insucesso. Revista de Saúde Pública, v. 54, n. 127, p. 1-12, 2020.

WEBERS, Aline Graziela Bald; VIEIRA, Luciane Klein; HOHENDORFF, Raquel Von. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9: empresa cidadã e aspectos éticos da inovação. Revista da Faculdade de Direito do Sul de Minas, v. 38, n. 1, p. 120-139, 2022.

Capítulo 9

10.37423/260611020

SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DE REABILITAÇÃO E COMPARATIVO DE CUSTOS DE EDIFÍCIOS VERTICAIS DE CONCRETO ARMADO PARA USO HABITACIONAL – SARC

Luiz Gustavo Zuliani da Silva — *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC*

Andrea Parisi Kern — *Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS*

Mauricio Mancio — *Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS*

João Carlos Gonçalves Lanzinha — *Universidade da Beira Interior - UBI*

Luiz Maurício Furtado Maués — *Universidade Federal do Pará - UFPA*

RESUMO

A reabilitação de edificações configura-se como uma área a ser mais explorada pela construção civil no Brasil em detrimento de construções novas, impactando positivamente os alicerces da sustentabilidade. Este estudo tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema de avaliação de reabilitação e de comparação de custos unitários de edifícios verticais em concreto armado, em comparação com uma construção nova. O sistema está estruturado em 4 módulos, contempla a avaliação de 21 elementos funcionais por inspeção visual, calculando um índice de reabilitação que define o nível de reabilitação do prédio. Os resultados são apresentados em termos de estimativa de custo, comparando o custo de reabilitação ao de obra nova, nas faixas otimista, realista e pessimista. A aplicação do sistema em estudo piloto demonstrou resultados consistentes, próximos aos obtidos na reabilitação real de edifícios.

Palavras-chave: Reabilitação; Sistema de Avaliação; Estimativa de Custos, Edifícios abandonados.

1 INTRODUÇÃO

A pauta de discussão sobre construção sustentável passa, obrigatoriamente, pelo cuidado e pela reabilitação do ambiente construído, em especial das edificações abandonadas e não utilizadas, que representam um enorme capital ocioso. Edifícios desabitados constituem uma importante demanda de reabilitação, dado o grande e crescente número de edifícios abandonados ou inacabados em centros urbanos. A reabilitação desses edifícios é um tema de grande potencial de pesquisa, especialmente em países em que essa prática ainda é incipiente.

A reabilitação de edifícios envolve a adaptação e otimização de um edifício a novas necessidades, operações de conservação e restauro, recuperação de um edifício existente e adaptação de um edifício obsoleto às novas condições de uso (CROITOR, 2008; BULLEN; LOVE, 2009; ALBA-RODRÍGUEZ et al., 2017, OLIVEIRA; LANZINHA; KERN, 2024). Inclui intervenções específicas para recuperar as características arquitetônicas globais e suas condições de estabilidade, uso e habitabilidade, associando vários “Rs” da construção, como reforma, reparos, reconstrução, recuperação e restauro (KUTTER, 1999). Significa reparar, renovar e modificar extensivamente um edifício para deixá-lo, de acordo com critérios econômicos e funcionais, semelhantes aos exigidos para um edifício novo (MANSFIELD, 2001).

Diferentes vantagens são atribuídas à prática de reabilitação em relação à construção de novos edifícios, abrangendo uma ampla gama de aspectos ambientais, sociais e econômicos (MUNARIM; GHISI, 2016).

Do ponto de vista ambiental, o edifício reabilitado reduz drasticamente o consumo de materiais de construção, eliminando ou reduzindo os impactos ambientais associados (energia incorporada, energia de transporte, emissões de CO2). Ao deixar de extrair novos materiais para a produção da matéria-prima utilizada em novas construções, é possível reduzir os custos energéticos com instalações de transformação e com os transportes, o que auxilia na redução da “pegada de carbono”. Além disso, ao se demolir ou desconstruir uma unidade existente para construir uma unidade nova, são gerados resíduos, e estes podem ser minimizados ao se adotar o processo de reabilitação.

Na perspectiva da economia circular, a reabilitação de edifícios envolve as nove estratégias que sustentam esse modelo de produção, conhecidas como os 9Rs: Recusar, Repensar, Reduzir (uso e fabricação mais inteligentes de produtos), Reutilizar, Reparar, Reformar, Remanufaturar, Reaproveitar (estender a vida útil dos produtos e suas peças) e Reciclar e Recuperar (aplicação útil de materiais).

Isso representa um contraponto ao modelo de produção linear, reduzindo a pressão sobre a extração e o consumo de recursos naturais na fabricação de materiais e componentes, além de eliminar, reduzir ou adiar a destinação final de resíduos no meio ambiente. (MUNARO; TAVARES, 2022). Os indicadores levantados por Mália et al. (2013) apontam para uma taxa de 18,9 e 45,9 kg/m² para a reforma de edifícios residenciais, de 492 a 840 kg/m² para a demolição de edifícios residenciais, e a construção de um novo edifício gera uma média de 0,104 m³/m² (Kern et al., 2015).

Numa escala mais abrangente, a reabilitação de edifícios permite utilizar as infraestruturas já existentes, sem exigir novas instalações, ao contrário do que ocorre na construção de grandes conjuntos habitacionais sociais na periferia das cidades. Segundo a ONU-Habitat (2020), a reabilitação de edifícios não só previne a expansão periférica, como também reduz os custos da urbanização, do transporte e das emissões de carbono.

Do ponto de vista financeiro e econômico, a reabilitação pode ser mais vantajosa do que a demolição para reconstrução, uma vez que, em muitos casos, grandes partes do edifício são aproveitáveis ou recuperáveis. Para as construtoras, é uma excelente oportunidade de diversificar suas atividades. Por exemplo, segundo a Euroconstruct (2018), a atividade de reabilitação de edifícios representou cerca de 40% do segmento produtivo do setor da construção civil nos países europeus.

De uma perspectiva subjetiva, psicológica e social, a reabilitação pode valorizar a propriedade e o entorno, criando empregos e colaborando para solucionar problemas em áreas degradadas devido ao abandono de edifícios, por exemplo (CROITOR, 2008; FLORET; AFONSO, 2008). Quando aplicada a edifícios com significado cultural, também promove um importante capital social: o patrimônio edificado (MUNARIM; GHISI, 2016). Quando aplicada a edifícios industriais, a reabilitação não deve enfatizar excessivamente a dimensão econômica: a melhoria da qualidade de vida dos moradores e o desenvolvimento urbano sustentável devem ser definidos como objetivos principais (XIAN; CHEN, 2015).

Acontecimentos relacionados a desabamentos de edifícios têm ocorrido com frequência no Brasil; um exemplo é o desabamento do edifício Liberdade, prédio de 20 (vinte) andares na cidade do Rio de Janeiro, que vitimou 17 pessoas e provocou a queda de um prédio adjacente de 10 (dez) andares (REIS, 2012). Outro exemplo foi o prédio Wilton Paes de Almeida, no Largo do Paissandu, no Centro de São Paulo/SP, que deixou 7 (sete) moradores mortos e 2 (dois) desaparecidos (INCÊNDIO, 2019). Mais recentemente, o desmoronamento do Edifício Andrea, no centro de Fortaleza/CE, construído há mais

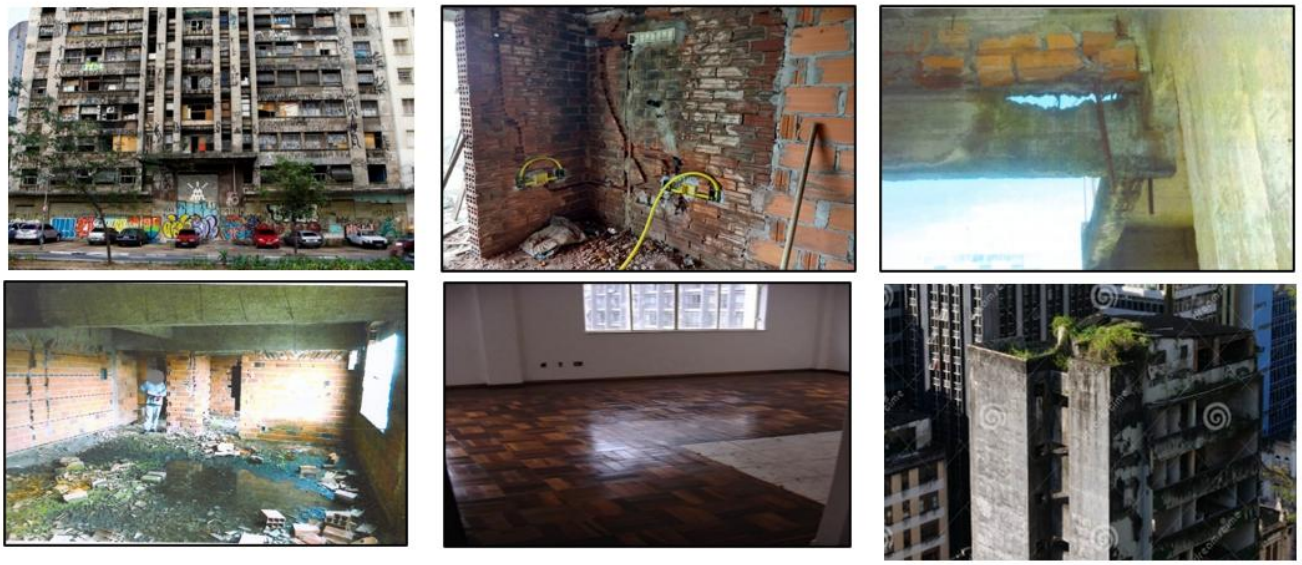
de 37 anos e que desabou em outubro de 2019, deixando 9 (nove) mortos, segundo o laudo pericial, apontou a falta de manutenção, a sobrecarga no pavimento da cobertura e falhas na reforma como algumas das causas do desabamento (MENDONÇA, 2020).

Assim sendo, entende-se que medidas precisam ser adotadas pelos entes envolvidos quanto à segurança estrutural, à manutenção e às vistorias frequentes nas edificações, especialmente em centros urbanos. Afinal, se edifícios abandonados continuarem se deteriorando, sem medidas preventivas ou corretivas, a questão não é saber se irão desabar, mas quando isso ocorrerá, pois o processo de envelhecimento é natural e medidas de controle ou mitigação são necessárias para garantir a vida útil das edificações e, principalmente, a segurança dos usuários e do entorno.

A reabilitação pode aliviar a equação desafiadora em muitas cidades: "Tantas pessoas sem casa; tantas casas sem pessoas." No Brasil, a falta de moradia, a habitação em condições precárias, a coabitação e o alto custo do aluguel contribuíram para o déficit habitacional de quase 6 milhões de unidades em 2019, segundo o estudo intitulado "Déficit e Inadequação Habitacional no Brasil". Ao mesmo tempo, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) nas regiões metropolitanas brasileiras identificou 7,9 milhões de imóveis vagos (FJP, 2018). Nos últimos anos, o programa "Minha Casa Minha Vida", uma importante iniciativa no âmbito do Plano Nacional de Habitação, foi relançado para utilizar edifícios abandonados além da construção de novos projetos de habitação social. O programa se chama "Minha casa, meu Retrofit" e tem como foco a reabilitação de prédios abandonados para transformá-los em unidades habitacionais.

Porém, a reabilitação de um prédio é uma atividade extremamente complexa e desafia projetistas, construtores e investidores por diferentes motivos, dentre os quais se destacam: especificidade (cada prédio é único, com características próprias); viabilidade econômica e financeira (valor de venda, custo da obra); adaptação a novas normas e legislação (plano diretor, código de obras, norma de desempenho, acessibilidade, proteção de incêndio, entre outras). A Figura 1 apresenta exemplos aleatórios de prédios abandonados em diferentes estados de conservação.

Figura 1 - Exemplos de prédios abandonados em diferentes estados de conservação.



A especificidade de cada prédio fica explícita nas fotos, que mostram diferentes patologias, graves e não graves, que podem tornar a reabilitação do edifício pouco atrativa em comparação a uma nova obra (ou à demolição para construir de novo). A falta ou dificuldade de acesso à informação, que, quando existe, geralmente está fragmentada em diferentes fontes, é outro grande desafio para projetistas e construtores (projetos, sistemas construtivos, estado de conservação, entre outros) (OLIVEIRA; KERN, 2026).

Assim, persistem dúvidas quanto ao estado de conservação e aos custos no segmento de reabilitação. Qual o nível de intervenção necessário? Qual o custo da obra? Qual a viabilidade do negócio? Indagações como essas representam um desafio para a realização desta prática, que apresenta grande potencial e muitas vantagens, conforme já discutido.

Assim, o processo de intervenção requer habilidade técnica e metodológica, compreensão física e considerações financeiras, como apontado por Oliveira, Lanzinha e Kern (2024). Requer a ação conjunta de especialistas de diversas áreas, como arquitetura, engenharia, planejamento urbano e direito, envolvendo a coleta, a interpretação e o cruzamento de uma quantidade considerável de dados.

Neste contexto, este capítulo apresenta um sistema, o SARC (Sistema de Avaliação de Reabilitação e Comparativo de Custos), desenvolvido para avaliar o índice de reabilitação de um prédio abandonado (vertical) e estimar o custo da reabilitação de um prédio residencial, em comparação com o custo de

uma obra nova de mesma proporção. O trabalho foi desenvolvido como Tese de Doutorado (SILVA, 2022).

O trabalho utiliza, como fontes, diferentes métodos e sistemas para avaliar o estado de conservação de edifícios a serem reabilitados, adotados em países como o Reino Unido, Portugal, França e Espanha. Por serem mais avançados no assunto, os países europeus são os que apresentam o maior número de métodos de avaliação para a conservação e reabilitação de edifícios, bem como normas e padrões. A Tabela 1 apresenta os métodos de avaliação de reabilitação estudados.

Tabela 1 - Métodos de avaliação de reabilitação estudados.

Pais (ano)	Nome	objetivo	Referências
França (1996)	Méthode d'Évaluation Rapide Habitat - MER HABITAT	diagnóstico de anomalias para determinar o nível mínimo de renovação e avaliar o custo de reposição do edifício a ser reabilitado	Marco et al., 1996
França (2003)	Évaluation de l'état des immeubles susceptibles d'être déclarés insalubres	avaliar o estado de conservação de edifícios considerados inabitáveis e insalubres para a vida humana	Vilhena et al., 2011
França (2008)	Bilan Patrimoine Habitat -BPH	certificar projetos de reabilitação em edifícios com mais de 10 (anos) de construção	
França (2011)	Grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat	estimar os processos de manutenção ou reabilitação.	Vilhena, 2011
Espanha (2000)	CLAU2000 – Assistente de manutenção Assistência de manutenção	auxiliar o avaliador em tarefas técnicas relacionadas à gestão e manutenção do edifício (evolução do "Test Habitatge")	Lanzinha e Freitas, 2009
Espaha (1989)	Test Habitatge	adaptar métodos europeus para avaliar intervenções em edifícios (+10 anos), considerando o aspecto econômico	Lanzinha, Freitas e Castro Gomes, 2010
Espanha (2000)	"Inspección Técnica de Edificios – ITE" (2011)	avaliar o estado de conservação dos edifícios e delinear os procedimentos de reabilitação	Vilhena, 2011.
Portugal (2003)	Certificação de Condições Mínimas de Habitabilidade - MCH"	apoiar avaliação das condições de habitabilidade das habitações para atualizar os preços de aluguel desatualizados	Pedro, Vilhena e Paiva, 2011.
Portugal (20036	Método de Avaliação do Estado de Conservação de Imóveis	avaliar o estado de conservação e a existência de infraestrutura básica de imóveis arrendados	Pedro, Vilhena e Paiva, 2011.
Reino Unido (2000)	Housing Health and Safety Rating System	analisar riscos potenciais relacionados à saúde e segurança dos usuários	Vilhena, 2011.
Reino Unido (2010)	HomeBuyer Report –	avaliar o estado de conservação de imóveis residenciais (patologias e valor de mercado)	Vilhena, 2011.
União europeia (1998)	EPIQR (Energy Performance Indoor Environmental Quality Retrofit)	permitir a tomada de decisões de acordo com os vários cenários possíveis.	Jaggs; Palmer, 2000.

União europeia (2000)	Tool for Selecting Office Building Upgrading Solution - TOBUS	avaliar qualidade ambiental interna, consumo de energia, manifestações patológicas e o grau de redução funcional de escritórios	Caccavelli e Gugerlib, 2002; Wittchen e Brandt, 2002.
Brasil (2013)	Método de Avaliação de Necessidades e Prioridades para a Reabilitação de Edifícios de Instituições Federais de Ensino Superior	avaliar reabilitação de edifícios universitários	Oliveira, 2013.

Observa-se que os métodos desenvolvidos se baseiam uns nos outros. Muitos funcionam como suporte à avaliação de edifícios a serem reabilitados quanto ao estado e à gravidade das anomalias e patologias, definindo parâmetros e critérios — variam em termos do objeto de estudo e a maioria se limita a avaliar o estado de conservação.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema capaz de auxiliar na análise de viabilidade para a tomada de decisão quanto à execução de um projeto, considerando três alternativas: reabilitação da edificação existente, construção nova com a mesma área do edifício existente e desconstrução com nova construção, segundo os parâmetros atuais de zoneamento estabelecidos pelo município. Estudos deste tipo ainda são muito incipientes na realidade brasileira.

2 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

O primeiro ciclo de desenvolvimento do sistema proposto teve como objetivo avaliar o nível de reabilitação necessário a um edifício com base em critérios avaliados por meio de inspeção visual. Como fontes de evidência, a pesquisa inicial utilizou informações disponibilizadas por construtores (entrevistas), autores de publicações e funcionários públicos de prefeituras e de órgãos de classe, entre outros; parâmetros utilizados nos métodos de avaliação de reabilitação publicados, nas normas técnicas e na legislação vigente; e dados de custos de obras reabilitadas e de obras novas. O sistema proposto foi desenvolvido com base em 4 ciclos, conforme o delineamento da pesquisa (Figura 2).

Figura 2 – Delineamento da pesquisa.



A análise do nível de reabilitação de um edifício (Ciclo 1) proposta na pesquisa consiste na comparação entre o custo de reabilitação e o de construção de um edifício novo. Para tanto, neste Ciclo 1, são estabelecidos os subsistemas e elementos funcionais a serem analisados na inspeção do edifício, bem como foram definidos os critérios de avaliação das anomalias e falhas, se existentes. Na sequência, o sistema avalia a complexidade da intervenção necessária à recuperação, além de estabelecer ponderações para relacioná-la à obra nova e definir o índice de reabilitação. Estes itens são úteis como parâmetros para definir o nível de reabilitação.

O Ciclo 2 da pesquisa tem como objetivo estimar o custo de reabilitação em comparação ao custo da construção de uma obra nova, considerando a demolição do edifício existente e a construção de outro, obedecendo aos índices de construção vigentes (índice de aproveitamento e taxa de ocupação). Como principais fontes de evidências, foram utilizadas informações sobre custos de obras reabilitadas, demolições e obras novas, a partir de dados publicados e de entrevistas com construtores, e indicadores setoriais para atualização de custos e de índices de construção de prefeituras.

Com base nos orçamentos atualizados, foram criados 3 alternativas e 3 cenários, visando aprimorar a tomada de decisão sobre a reabilitação ou a construção de uma obra nova. As 3 alternativas de avaliação para uma edificação são: 1) custo (m^2) para reabilitar; 2) custo (m^2) para construir uma edificação com a mesma área; e 3) custo (m^2) para desconstruir e reconstruir, considerando as

exigências legais, tais como a Taxa de Ocupação (TO) e o Coeficiente de Aproveitamento (CA). Por sua vez, os cenários são: “Pessimista”, “Realista” e “Otimista”. Para determinar diferentes cenários utilizou-se da estatística descritiva, e cálculos através da planilha do Microsoft Excel®.

Com base nos resultados dos ciclos 1 e 2, o terceiro ciclo de pesquisa tem como objetivo construir o sistema de avaliação de reabilitação. Neste ciclo da pesquisa, foi estruturado o sistema propriamente dito a partir da organização das informações, para auxiliar os profissionais da área na avaliação de edifícios verticais de concreto armado destinados ao uso habitacional quanto à viabilidade de reabilitar uma edificação, bem como permitir a comparação entre os três cenários possíveis. Buscou-se estruturar o “SARC”, separando-o em 5 módulos, conforme se observa na Figura 3.

Figura 3 – Módulos do SARC.



O “SARC” está dividido em 5 “Módulos”, acessados por uma tabela-rosto, por meio de um ícone com hiperlink que leva à planilha específica de cada “Módulo”, na qual o avaliador preenche as respectivas informações. O “Módulo 1” se refere à entrada de informações gerais da edificação, o “Módulo 2”, as características construtivas, o “Módulo 3”, busca avaliar a edificação em termos do nível de reabilitação, no “Módulo 4”, é realizada a estimativa de custos da reabilitação, o “Módulo 5” apresenta os resultados finais da avaliação. Também está previsto um espaço para o registro de fotografias do edifício avaliado.

O Ciclo 4 tem como objetivo aplicar o sistema desenvolvido no Ciclo 3 à avaliação da reabilitação de edifícios já reabilitados, em processo de reabilitação e em obras abandonadas ou inacabadas, a fim de analisar os resultados obtidos e realizar ajustes. Este ciclo também pode ser entendido como um projeto-piloto, definido como um modo de apresentar, em menor escala, resultados de uma escala maior. Portanto, por meio desse instrumento, é possível avaliar a adequação dos procedimentos compreendidos no “SARC”, com o objetivo de adaptar e ajustar as etapas necessárias à análise definitiva dos dados.

3 SARC – SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE REABILITAÇÃO E COMPARATIVO DE CUSTOS

O sistema SARC é apresentado a partir dos elementos funcionais, critérios de avaliação, índice de reabilitação, módulos para operacionalização,

3.1 Elementos funcionais

A definição dos elementos funcionais utilizados no sistema baseou-se na organização dos orçamentos realizada pelo serviço de obra. Os elementos funcionais são as partes do edifício que devem ser avaliados por inspeção visual e associados a parâmetros de custo para cada um deles. Com base nos orçamentos analíticos de edificações reabilitadas financiadas pela CAIXA, foi possível identificar, entre os principais serviços contemplados nesses orçamentos, 24 serviços que forneceram informações relevantes para a definição dos elementos funcionais adotados no "SARC".

A partir da análise dos orçamentos de obras novas, adotados por Goldman e Amorim (2007) e Mascaró (2010), que subdividem a edificação em 21 e 16 serviços, respectivamente, delimitou-se e optou-se por organizar os serviços das edificações em 3 subsistemas principais e 21 elementos funcionais (Figura 4), seguindo, assim, o mesmo modelo dos orçamentos das edificações reabilitadas e financiadas pela CAIXA.

Figura 4 – Subsistemas e elementos funcionais adotados no SARC.

Subsistema	Item	Elementos funcionais
I - Fundações, estrutura e cobertura	1	Fundações
	2	Estrutura
	3	Cobertura
II – Elementos internos e externos	4	Alvenaria
	5	Esquadrias metálicas
	6	Esquadrias de madeira
	7	Vidros
	8	Impermeabilização
	9	Revestimentos interno
	10	Azulejos
	11	Revestimentos externo
	12	Forros
	13	Pinturas
	14	Pavimentação
III – Instalações e aparelhos	15	Instalações elétricas
	16	Instalações de água
	17	Instalações de gás
	18	Instalações de incêndio
	19	Instalações de esgoto
	20	Instalações mecânicas
	21	Aparelhos

Salienta-se que este estudo não aborda a possibilidade de acrescentar e/ou retirar subsistemas ou elementos funcionais aplicados à pesquisa, pois isso implicaria a necessidade de alterar as ponderações adotadas. Caso essa modificação seja relevante para a elaboração dos resultados da avaliação da edificação, faz-se necessário inseri-la nas observações, para que as alterações possam ser realizadas nas ponderações do sistema "SARC".

3.2 Critérios de avaliação

Os critérios utilizados para avaliação da edificação no processo de reabilitação se referem às falhas e anomalias existentes no prédio, e também à complexidade envolvida na realização da reabilitação.

3.2.1 Gravidade das anomalias e falhas

Os critérios de avaliação da gravidade das anomalias e falhas foram adaptados da Norma do IBAPE (2012). Foram analisados também os critérios sugeridos por Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2014), por Vilhena (2011) e pela Norma Holandesa NEN (2017). A Figura 5 apresenta os critérios adotados e os respectivos parâmetros, com base na bibliografia utilizada como referência.

Figura 5 – Critério de avaliação da gravidade das anomalias e falhas.

Sem gravidade	Pouco grave	Grave	Muito grave	Extremamente grave
Ausência de anomalias, depreciação imobiliária.	Incômodo aos usuários, degradação da edificação.	Insalubridade aos usuários, deterioração elevada da edificação.	Risco de ferimentos aos usuários, avaria não recuperável na edificação.	Risco à vida dos usuários, colapso da edificação.

Fonte: Adaptado de IBAPE (2012); Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2014).

Portanto, o critério de avaliação da gravidade das anomalias e falhas pode, em síntese, ser aplicado para estabelecer as prioridades de intervenção em cada elemento funcional, com base no risco que as anomalias e falhas podem apresentar para a saúde e segurança dos usuários, e na necessidade de tratamentos necessários conforme o nível de desempenho esperado de cada elemento funcional.

3.2.2 Extensão das anomalias e falhas

De acordo com a gravidade das anomalias indicadas, faz-se necessário definir a extensão das anomalias e das falhas existentes em cada elemento funcional. Caso a gravidade se situe entre "Pouco grave" e "Extremamente grave", deve-se especificar a extensão da intervenção de reabilitação, o que permite

compreender, dentre os elementos funcionais, qual dimensão do edifício é afetada pelas anomalias e falhas, bem como o esforço necessário para recuperá-los. Para definir tais critérios, buscou-se adaptar os preconizados na norma holandesa NEN 2767-1:2017, conforme pode ser observado na Figura 6, já que os critérios desta norma são mais detalhados e não há uma normativa nacional específica para este tipo de avaliação.

Figura 6 – Critério de avaliação da extensão das anomalias e falhas.

Extensão da anomalia	Pontual	Localizada	Regular	Frequente	Generalizada
	< 20%	21-40%	41-60%	61-80%	> 80%

Fonte: Adaptado da NEN 2767 (2017).

A escolha da classe apropriada, bem como a avaliação da extensão das anomalias e falhas, não é uma tarefa simples, já que dependerá da abrangência do defeito, podendo ser localizado ou de envelhecimento geral, em que todo o componente é afetado.

3.2.3 Complexidade da intervenção de reabilitação

Considerando que os parâmetros que definem a complexidade de executar uma atividade de reabilitação dos elementos funcionais frente à realização de uma execução nova, estão associados ao grau de dificuldade que a operação exige, como o acesso aos locais de manutenção, a segurança e proteção dos trabalhadores e usuários da edificação, bem como o entorno da edificação. Em suma, foi possível adaptar os critérios definidos por Pedro, Vilhena e Paiva (2011) e estabelecer 3 critérios de avaliação da complexidade da intervenção, conforme segue (Figura 7):

Figura 7 – Critério de avaliação da complexidade da intervenção.

Complexidade - custo em relação a obra nova (%)	Baixa	Média	Alta
	20%	40%	120%

Fonte: Adaptado de Pedro, Vilhena e Paiva (2011).

Assim, a combinação da gravidade e da extensão de um defeito com a complexidade em intervir para saná-lo leva a uma classificação de condição, sendo, portanto, necessário conhecer e estimar corretamente, no momento da avaliação in loco, a gravidade e extensão das anomalias e falhas existentes nos elementos funcionais analisados.

3.3 Índice de reabilitação do edifício

A Figura 8 apresenta o Nível de Reabilitação (NR) definido em função do percentual de cada intervalo do Índice de Reabilitação (IR). Os intervalos foram definidos de acordo com o estabelecido pelos métodos MANR e REAB-IFES, pois não há, no Brasil, órgãos específicos que mantenham registros de obras de reabilitação de edificações. Dessa forma, por ter sido aplicada em um número limitado de casos, a metodologia de cálculo do "NR" pode ser alterada à medida que sua aplicação in loco avança.

Figura 8 – Nível de Reabilitação (NR) – Intervalos (%).

IR	**0 ≤ IR ≤ 33**	**34 ≤ IR ≤ 66**	**67 ≤ IR ≤ 120**
Nível de reabilitação	Reabilitação Leve	Reabilitação Pontual	Reabilitação Extensa

Fonte: Adaptado de Pedro, Vilhena e Paiva (2011).

Após a inspeção detalhada do avaliador e a inserção dos dados no programa é apresentado o índice de reabilitação "IR". Dessa forma, é possível estabelecer prioridades, comparar índices por elementos funcionais, dentre os três subsistemas estabelecidos ou, uma avaliação geral da edificação, apresentando cenários e estimativas de custos das obras de reabilitação necessárias para recuperar anomalias e falhas detectadas e devolver a capacidade de uso dos espaços de forma idêntica a uma construção nova.

3.4 Módulos para operacionalização do SARC

Para operacionalizar o modelo, o sistema "SARC" foi organizado em um conjunto de cinco "Módulos" que devem ser preenchidos pelo avaliador do prédio em questão a partir de uma inspeção visual. Foi desenvolvido em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel®, para facilitar o preenchimento das informações, buscando uma interface amigável e intuitiva com o usuário. A Figura 9 apresenta a capa do programa "SARC", na qual o avaliador pode acessar os "Módulos" por meio de seus respectivos ícones.

Figura 9 – Capa do SARC.

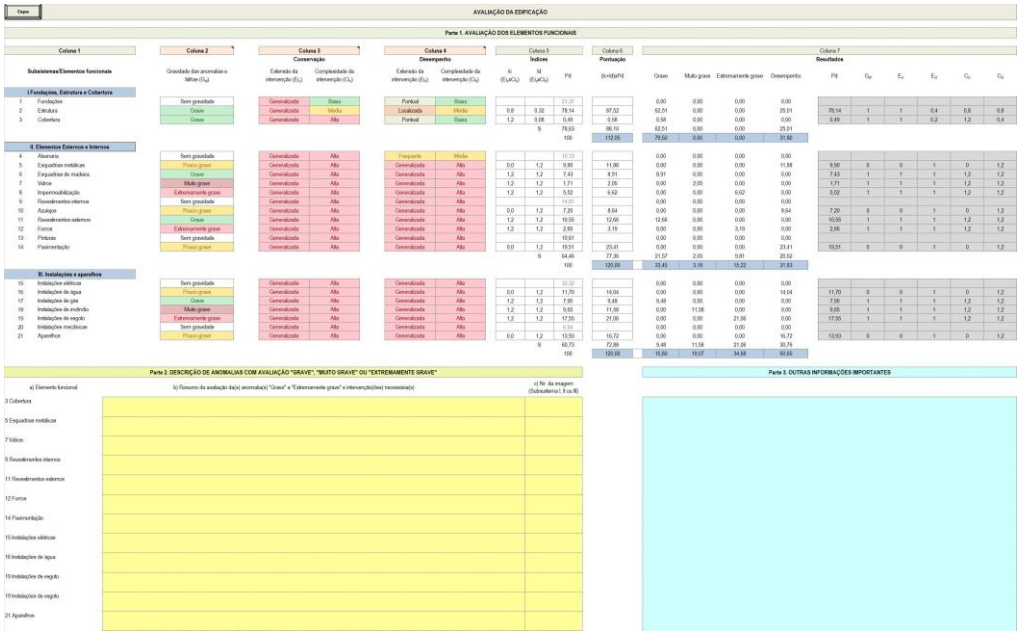


Os dois primeiros módulos contêm informações relativas aos dados gerais da edificação, os “Módulos” 3 e 4 se referem à avaliação da edificação e às estimativas de custos — representam as principais etapas do “SARC” e, o módulo 5, apresenta um resumo dos resultados finais da avaliação. Também está previsto um ícone para que o avaliador registre fotografias do imóvel, denominado “Imagens”.

3.5 Módulo 3 - Avaliação da edificação

O terceiro “Módulo” do “SARC” refere-se à avaliação do estado atual da edificação, em termos de anomalias e falhas, bem como da extensão e da complexidade da intervenção, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Avaliação da edificação.



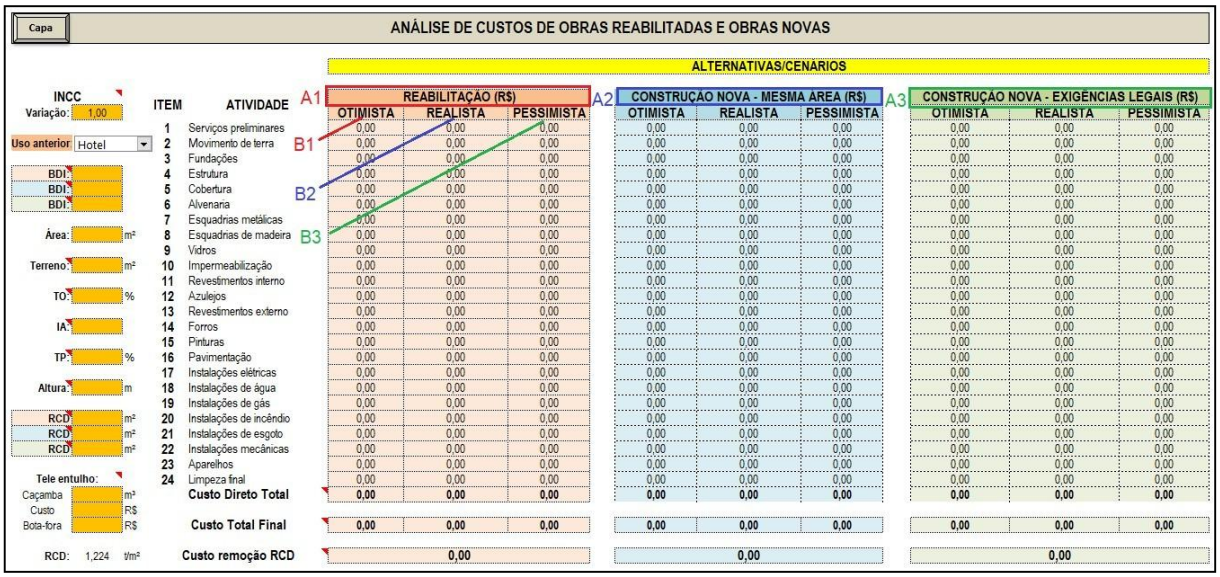
Neste ponto, os elementos funcionais são avaliados de acordo com a gravidade das anomalias e falhas (“Sem gravidade”, “Pouco grave”, ”Grave”, “Muito grave” e “Extremamente grave”), quanto aos aspectos construtivos e de desempenho segundo a extensão da intervenção (“Pontual”, “Localizada”, “Regular”, “Frequente” e “Generalizada”) e complexidade da intervenção (“Baixa”, “Média” e “Alta”).

Com base nas informações adicionadas pelo avaliador, é possível calcular os índices de conservação e de desempenho, cuja soma é multiplicada pela ponderação do elemento funcional em relação ao custo de uma edificação nova. O preenchimento deste “Módulo” é de suma importância para os resultados finais das necessidades de reabilitação dos subsistemas da edificação, pois irão resultar em um intervalo percentual que irá definir o Índice de Reabilitação (IR) e, conforme o valor obtido neste índice, é estabelecido o Nível de Reabilitação (NR), que pode ser “Leve”, “Pontual” ou “Extensa”.

3.6 Módulo 4 - Análise de custos

Os orçamentos que embasam os resultados do “SARC” foram definidos com base em estimativas de custos unitários, de acordo com a literatura e as premissas adotadas por Goldman (2004) e Goldman e Amorim (2007). Assim, buscou-se apresentar no “SARC” uma estimativa dos custos unitários dos principais serviços de construção e demonstrar uma análise de 3 alternativas, com 3 cenários, conforme a imagem do módulo ilustrada na Figura 11, quais sejam: A – Alternativas: 1) Reabilitação da edificação (Reabilitação para uso residencial, comercial e de hotéis); 2) Construção nova com a mesma área; 3) Construção nova. B –Cenários: 1) Otimista; 2) Realista; 3) Pessimista.

Figura 11 – Análise dos custos unitários.



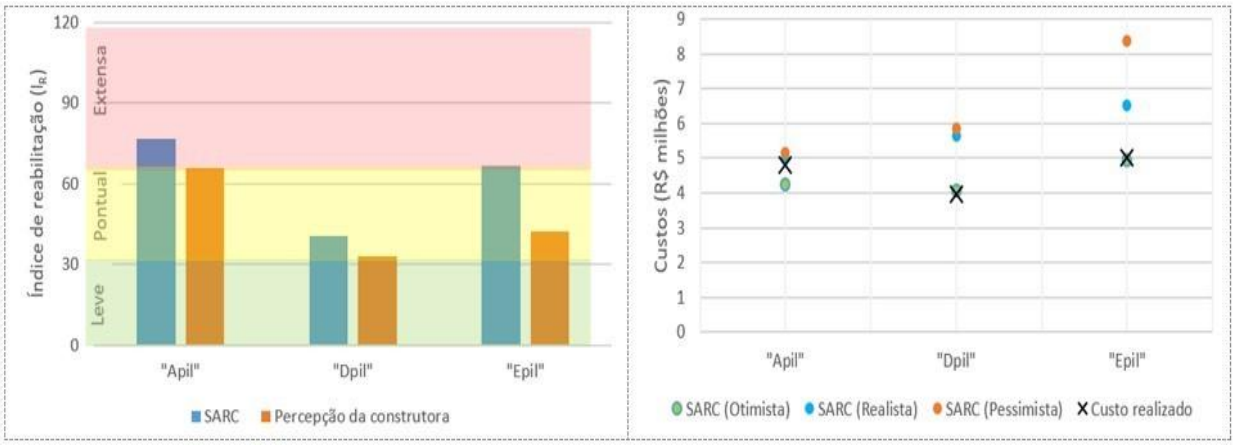
Neste módulo do programa é possível ao avaliador atualizar os custos através do Índice Nacional de Custos da Construção (INCC), simular os valores conforme a área da edificação, informar o valor do BDI (que irá compor o "Custo Total Final", incluindo lucro e custos indiretos), avaliar o custo de uma obra nova conforme as exigências legais (taxa de ocupação e índice de aproveitamento) e avaliar o custo de remoção de RCD conforme a área a ser demolida.

4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO SARC

Por meio de uma aplicação piloto do sistema "SARC", foi possível comparar os resultados do sistema com a realidade de reabilitação de três edifícios objeto do estudo, uma vez que estas edificações estavam concluídas ou em fase final de reabilitação. A primeira comparação refere-se ao edifício denominado "Apil", edificação que teve seu processo de reabilitação concluído juntamente com a finalização da pesquisa, as outras duas referem-se aos edifícios "Dpil" e "Epil", edificações reabilitadas em São Paulo/SP.

Considerando os resultados obtidos na aplicação do sistema "SARC" nas três obras reabilitadas, é possível observar que os resultados quanto ao nível de reabilitação e de estimativas de custos são próximos aos verificados com as construtoras (Figura 12).

Figura 12 – Análise dos resultados – SARC e construtoras.



A avaliação in loco no edifício "Apil" para aplicação do "SARC" considerou o nível de reabilitação global como "Extensa", ou seja, o "IR" ficou acima de 67 (média dos índices dos subsistemas), analisando os resultados apontados pela construtora, percebe-se que o nível de reabilitação considerado pelo responsável pela obra de reabilitação resulta em 66%, neste caso ficaria no limite entre o nível de reabilitação "Pontual" e "Extensa". Em sua avaliação, os custos com a conclusão do elemento funcional

"Alvenaria" ficaram em torno de 20%, enquanto que no "SARC" este valor representou 24%, os demais elementos funcionais foram considerados na sua totalidade, porém sem a adição de 20% apresentado pelo sistema. Já, na estimativa apresentada pelo engenheiro responsável, o valor ficou em torno de R$ 4,8 milhões, o que representa aproximadamente 93% do cenário pessimista.

Na avaliação global do edifício "Dpil" o resultado do "SARC" definiu o nível de reabilitação como "Pontual", com IR igual a 40,62. De acordo com os construtores, o nível de reabilitação foi considerado "Level", porém, ao calcular a média dos índices dos subsistemas, o valor do IR resulta em 33,15, ou seja, reabilitação "Pontual", de acordo com os limites estabelecidos pelo sistema. Este índice representa uma redução de aproximadamente 18,4% em relação ao índice estabelecido pelo "SARC". Já, ao comparar os custos, no "SARC" o valor médio ficou em R$ 5,19 milhões, enquanto o custo de reabilitação do "Dpil" foi por volta de R$ 3,97 milhões, uma diferença de, aproximadamente, 31%.

O edifício "Epil", na avaliação global verificada pelo "SARC", apontou o nível de reabilitação como "Extensa", com IR igual a 66,64, valor levemente superior ao limite do nível de reabilitação "Pontual". Quando considerado pelos construtores, o nível de reabilitação foi "Pontual", com valor do IR de 42,21. Este índice representa uma redução de aproximadamente 36,5% em relação ao índice estabelecido pelo "SARC". Já, ao comparar os custos, no "SARC" o valor médio ficou em R$ 6,60 milhões, enquanto o custo de reabilitação do "Dpil" foi por volta de R$ 5,01 milhões, uma diferença por volta de 32%.

Diante do exposto, é possível considerar que o sistema "SARC" apresenta resultados próximos da realidade prática de uma obra de reabilitação. Sendo necessário o incremento de novos orçamentos para que os valores estabelecidos no sistema se aproximem cada vez mais da mediana, faz-se necessário criar um banco de dados com o maior número possível de orçamentos, tanto de obras reabilitadas quanto de obras novas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do sistema SARC evidencia a complexidade envolvida na avaliação de reabilitação e de custos, demandando a definição de elementos funcionais essenciais e de critérios de avaliação das anomalias, das falhas e da complexidade da reabilitação, bem como a determinação de ponderações de custo.

Os resultados das análises realizadas nos edifícios selecionados indicam que o sistema de avaliação proposto demonstrou consistência e adequação ao objetivo para o qual foi desenvolvido, pois refletiram o estado de conservação dos edifícios e forneceram projeções de custos unitários. Outra constatação importante da aplicação refere-se ao tempo de avaliação, pois a ferramenta mostrou-se ágil e rápida na coleta de informações, o que é considerado um ponto positivo.

As respostas obtidas nas avaliações do projeto piloto sugerem que a reabilitação é um investimento favorável, não apenas do ponto de vista financeiro. Embora não tenha sido objetivo do trabalho quantificar impactos ambientais, é consenso que ao reabilitar um prédio há uma redução e otimização no consumo de energia e água, e uma redução na produção de resíduos em comparação a uma nova construção, ou seja, a reabilitação de edifícios verticais de concreto armado em centros urbanos brasileiros torna-se ambientalmente correta, economicamente viável e socialmente justa.

Diante do exposto no estudo, observa-se que a temática da reabilitação predial ainda precisa ser mais explorada pela construção civil brasileira. Logo, ao se propor desenvolver um sistema para estimativa de custos unitários de reabilitação de edifícios verticais em concreto armado em comparação aos custos de uma nova construção, o estudo contribui no avanço e reflexão do tema, visto que a temática se tornou pertinente quando se constata que no Brasil, principalmente nos centros urbanos, há uma grande quantidade de imóveis vazios, abandonados ou em estado precário de conservação.

REFERÊNCIAS

ALBA-RODRÍGUEZ, M. D. et al. (2017). Building rehabilitation versus demolition and new construction: Economic and environmental assessment. Environmental Impact Assessment Review, 66, 115-126. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.06.002

BULLEN, P.; LOVE, P. (2009). Factors influencing the adaptive re-use of buildings. Journal of engineering, design and technology, 9, 32-46. 2009. https://doi.org/10.1108/17260531111121459.

CACCAVELLI, D.; GUGERLIB, H. (2002). TOBUS: A european diagnosis and decision-making tool for office building upgrating. Energy and Building, 34, 113-119.

CROITOR, E. P. N. (2008). A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

EUROCONSTRUCT. (2018) 86th Euroconstruct Conference – Summary report. Paris, France.

FLORET, A.; AFONSO, D. (2008). Arquitectura Sustentável e Reabilitação. Porto, 2008.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP). (2018). Déficit habitacional no Brasil. Belo Horizonte: FJP.

GOLDMAN, P. Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira. 4. ed. atual. São Paulo: PINI, 2004.

GOLDMAN, P.; AMORIM, S. L. Estimativa orçamentária da construção: Técnica paramétrica para utilização nos estudos de viabilidade de empreendimentos residenciais. VII Seminário Internacional da LARES. São Paulo, 2007.

GOMIDE, T. L. F.; FAGUNDES NETO, J. C. P; GULLO, M. A. Inspeção Predial Total: diretrizes e laudos no enfoque da qualidade total e da engenharia diagnóstica. 2. ed. São Paulo: Pini, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE). Norma de Inspeção Predial Nacional. São Paulo, 2012.

INCÊNDIO e desabamento do prédio no Largo do Paissandu completam um ano; veja o que se sabe sobre o caso. G1 SP, São Paulo, 01 de maio de 2019. Disponível em: https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/05/01/incendio-e-desabamento-do-predio-no-largo-do-paissandu-completa-um-ano-veja-o-que-se-sabe-sobre-o-caso.ghtml. Acesso em: 14 mar. 2020.

JAGGS, M.; PALMER, J. (2000). Energy performance indoor environmental quality retrofit: a European diagnosis and decisiona-making method for building refurbishment. Energy and Building, 31, 97-101.

KERN, A.P. et al. (2015). Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression. Waste Management, 39, 35-44. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.01.043.

KUTTER, V. P. (1999). Modelo de abordagem para edificações em situação de reciclagem. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – FAUUSP, Universidade de São Paulo.

LANZINHA, J. C. V.; FREITAS, V. P. (2009). Performance-based diagnosis applied to the rehabilitation od residential buildings. Journal of Building Appraisal, v. 5, n. 2, p. 133-148.

LANZINHA, J. C. V.; FREITAS, V. P.; CASTRO GOMES, J. P. (2010). Metodologia de diagnostico e Intervenção na Reabilitaçao de Edifícios. In: III Congresso Internacional na recuperação, manutenção e restauração de edifícios. Proceedings. Rio de Janeiro.

MÁLIA, M. et al. (2013). Construction and demolition waste indicators. Waste management & Research, 31 (3), 241-245. https://doi.org/10.1177/0734242X12471707.

MANSFIELD, J. R. (2001) Refurbishment: some difficulties with a full definition. In: Internacional Conference Insp. Appr. Repairs and Maintenance, Nottingham. Proceedings. Nottingham, UK.

MARCO et al. (1996). Méthode de diagnostic des dégradations, des désordres et des manques et dévaluation des coúts de remise em état des bátiments d´habitation. Bulletin du Iogement, 64.

MASCARÓ, J. O custo das decisões arquitetônicas. 5. ed. Porto Alegre: Editora Masquatro, 2010.

MENDONÇA, L. (2020). Engenheiros e pedreiro são indiciados por desabamento do Edifício Andrea, em Fortaleza. Estadão, São Paulo, 30 jan. 2020.

MUNARIM, U.; GHISI, E. (2016). Environmental feasibility of heritage buildings rehabilitation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58. 235–249.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F. A economia circular na construção civil: principais barreiras e oportunidades para a transição do setor. Revista Tecnologia e Sociedade. v. 18, n. 53, 2022. DOI: 10.3895/rts.v18n53.15726.

NEN. NEN 2767 Conditiemeting van bouw- en installatiedelen – Deel 1: Methodiek (Condition Assessment of Building and Installation Components – Part 1: Methodology), NEN, Delft (in Dutch), 2017.

OLIVEIRA, M. A. (2013). Método de avaliação de necessidades e prioridades de reabilitação de edifícios de Instituições Federais de Ensino Superior. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

OLIVEIRA, A. M. C. P.; LANZINHA, J. C. G.; KERN, A. P. (2024). Building Rehabilitation: A Sustainable Strategy for the Preservation of the Built Environment. Sustainability, 16(2), 553. https://doi.org/10.3390/su16020553

OLIVEIRA, G. F.; KERN, A. P. RABIT – Rehabilitation of abandoned buildings and information tracking: a tool based on artificial intelligence: a tool based on artificial intelligence. Architectural Engineering and Design Management. v. 1, p. 1, 2026.

ONU-HABITAT. (2020). Nova Agenda Urbana. Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (ONU-Habitat). ISBN Number: (Volume) 978-92-1-132869-1.

PEDRO, J. V.; VILHENA, A. J. D. S. M.; PAIVA, J. V. (2011). Método de avalição do estado de conservação de imóveis: desenvolvimento e aplicação. Revista Engenharia Civil, 35, 57-73.

REIS, J. Desabamento do edifício liberdade. UOL Notícias, 2012. Disponível em: https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/04/03/quatro-paredes-estruturais-foram-derrubadas-no-edificio-liberdade-diz-pf.htm. Acesso em: 08 set. 2023.

SILVA, L. G. Z. (2022). Sistema de Avaliação de Reabilitação e Comparativo de Custos (SARC): Edifícios Verticais de Concreto Armado Para Uso Habitacional em Centros Urbanos do Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

VILHENA, A. J. D. S. M. (2011). Método de avaliação do estado de conservação de edifícios: análise e contributos para o seu aperfeiçoamento e alargamento do âmbito. Tese. (Doutorado em Engenharia Urbana e Ambiental), Universidade Técnica de Lisboa.

WITTCHEN, K. B.; BRANDT, E. (2002). Development of a methodology for selecting office building solutions based on a test survey in European buildings. Energy and Buildings, 34, 163-169.

XIAN, S.; CHEN, H. (2015) Revitalization of industrial buildings in Hong Kong: New measures, new constraints? Habitat International, 47, 298-306.

Capítulo 10

10.37423/260611031

MICROPROPAGATION OF EUPHORBIA TIRUCALLI L.: CHEMICAL CHARACTERIZATION OF LATEX AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT UNDER DIFFERENT CULTIVATION CONDITIONS

Marcia Cristina Braga Nunes Varricchio — *Federal University of Rio de Janeiro (SAPB-LIPAT Project/FF/UFRJ)*

Nicole Delaunay de Souza — *Federal University of Pará (UFPA)*

Sandra Ávila Gaspar — *Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ)*

Flávio Augusto de Freitas — *Centro de Bionegócios da Amazônia(CBA/FUEA)*

Paulo Sérgio Torres Brioso — *Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ)*

Simone da Silva — *Centro de Bionegócios da Amazônia (CBA/FUEA)*

Morgana Teixeira Lima Castelo Branco — *Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)*

Alexandre dos Santos Pyrrho — *Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)*

Ricardo Machado Kuster — *Federal University of Espírito Santo (UFES).*

Celso Luiz Salgueiro Lage — *National Institute of Industrial Property (INPI)*

ABSTRACT

Euphorbia tirucalli L. is a species widely distributed and used in traditional medicine, standing out for its production of latex rich in diterpenoids with recognized biological activity. Considering the influence of environmental conditions on the production of special metabolites and the scarcity of consolidated protocols for their micropropagation, the present study aimed to evaluate the in vitro establishment of the species, qualitatively characterize the chemical constituents of the latex and identify microorganisms associated with plants grown in the field and in vitro. Nodal segments from plants maintained in the garden of the Natural Products Research Institute of the Federal University of Rio de Janeiro (IPPN/UFRJ) were subjected to micropropagation in Murashige and Skoog (MS) medium under different cultivation conditions. The chemical composition of the latex was analyzed by high-performance liquid chromatography coupled to ultraviolet detection (HPLC/UV), while the associated microbiota was investigated by microbiological isolation and identification. The results showed high rates of contamination and oxidation of the explants, indicating limitations for the aseptic establishment of the culture. Chromatographic analysis revealed qualitative variations in the production of diterpenoids between field plants and explants cultivated in vitro, suggesting the influence of cultivation conditions on the secondary metabolism of the species. Microbiological analyzes identified the presence of Rhizoctonia solani, Verticillium sp. and Fusarium oxysporum associated with plant tissues. Variations in concentration and hydrophilicity open up new possibilities for biological activities, including barrier activity in cities at sea level protecting agricultural crops that do not tolerate hypersalinity conditions, the potential surface deformation of synthetic polymers (IPP-5 and expanded polystyrene) by lipophilic latex components at room temperature, a preliminary observation with potential to favor the circular economy. The results obtained contribute to the standardization of E. tirucalli micropropagation protocols and expand knowledge about its chemical composition and microbiological interactions, providing support for future biotechnological and environmental investigations.

Keywords: Euphorbia tirucalli, micropropagation, secondary metabolites; HPLC/UV; associated microbiota.

INTRODUCTION

Species of the genus Euphorbia (Euphorbiaceae) exhibit a wide geographic distribution and a high capacity for adaptation to different environmental conditions, currently occurring on virtually every continent (Cronquist, 1988). Although the evolutionary origin of the genus is frequently associated with the ancient supercontinent Gondwana, its wide dispersal has resulted in high morphological, ecological, and phytochemical diversity. Several species are used in ethnobotany, ethnomedicine, and traditional medicine, with many of their applications corroborated by recent pharmacological and phytochemical studies (Delaunay de Souza et al., 2025; Wasim et al., 2025; Wasim et al., 2025a).

Euphorbia tirucalli L. is a succulent species widely distributed in tropical and subtropical regions. The ethanolic extract of its stems and the latex diluted in water are traditionally used for different therapeutic purposes, arousing scientific interest due to the diversity of secondary metabolites present in the species (Neiva, 1968; Furstenberger; Hecker, 1986; Whelan; Ryan, 2003; Varricchio, 2005) and is being investigated by the NIH/USA (Wasim et al., 2025; 2025a).

The species is recognized for producing latex rich in diterpenoids, a striking chemotaxonomic characteristic of the genus Euphorbia. Among these compounds, diterpenic esters belonging to the phorboles, ingenanes, tiglianes, and dafnanes stand out, whose concentrations can vary in response to environmental factors such as water deficit, salinity, light, temperature, and nutrient availability (Biesboer et al., 1982; Furstenberger & Hecker, 1986). These influences were verified by Varricchio (2005) during in vitro cultivation and have been confirmed.

Several studies demonstrate that structural alterations in these diterpenoids significantly influence their biological properties. More esterified compounds tend to exhibit greater toxic, inflammatory, and tumor co-promoting activity, while modifications in hydrophilicity may be associated with the wide variety of biological activities attributed to the species, including antitumor, pesticidal, insecticidal, and larvicidal actions (Evans & Soper, 1978; Datta et al., 2000; Betancur-Galvis et al., 2002; 2003; Elmekkawy et al., 2002; Wada, 2002).

The presence of certain tiglianes, dafnans, aromatic dafnans, and other diterpenoids with a phorbol nucleus esterified in the side chain (Evans; Soper, 1978) determines the degree of esterification and the resulting toxic, inflammatory, and tumor co-promoting potential of the latex, possibly due to the induction of mitochondrial uncoupling already described in the literature (Betancur-Galvis et al., 2002; 2003).

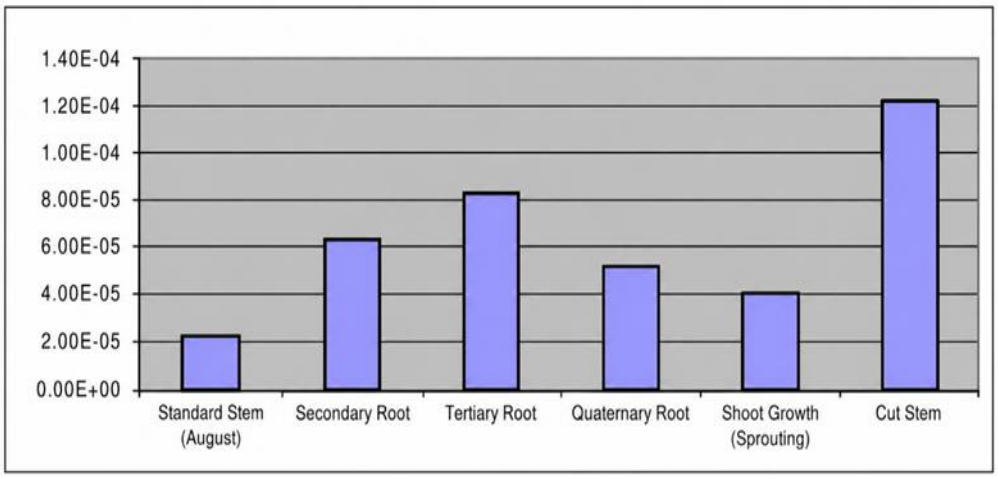
In parallel, researchers from the Middle East and Far East have shown that variation in the hydrophilicity of some terpenoids is one of the chemical factors that allows for the range of biological activities described for the species, some of which are even antagonistic, such as the potential for tumor co-promoting besides anti-tumor activity (Elmekkavy et al., 2002; Wada, 2002).

In addition to its pharmacological potential, the species has been attracting interest in studies focused on environmental sustainability. Among the applications investigated, its use as a vegetation barrier in areas subject to salinization, its ability to adapt to stressful environments, and its potential for chemical interaction with certain solid waste stand out aspects that can contribute to circular economy strategies and environmental recovery.

Previous ecophysiological studies conducted with E. tirucalli individuals cultivated in the garden of the Institute of Natural Products Research of the Federal University of Rio de Janeiro (IPPN/UFRJ) demonstrated qualitative and quantitative differences in the chemical composition of latex between aerial and root tissues. Analysis by high-performance liquid chromatography coupled with ultraviolet detection (HPLC/UV) revealed distinct chromatographic profiles between stems, shoots, and roots, suggesting metabolic compartmentalization of diterpenoid production throughout the plant (Varricchio et al., 2008).

In Figure 1, the relative concentrations of substances with the same retention time and ultraviolet spectrum present in the latex of the leaf surface (stem), sprouting, and roots designated as secondary, tertiary, and quaternary of E. tirucalli from the field were compared by HPLC/UV, in addition to investigating the substances present in the stem latex three months after pruning (considering the potential contamination in the deep soil in the medium term, since acute leaching would already remove substances present in the surface soil region up to 20 cm). These plants remained in a cemented and open-air environment throughout the test period (Varricchio et al., 2008).

Figure 1. Comparative chromatographic profile of the constituents present in the latex of aerial tissues, shoots and roots of Euphorbia tirucalli cultivated in the IPPN/UFRJ garden.

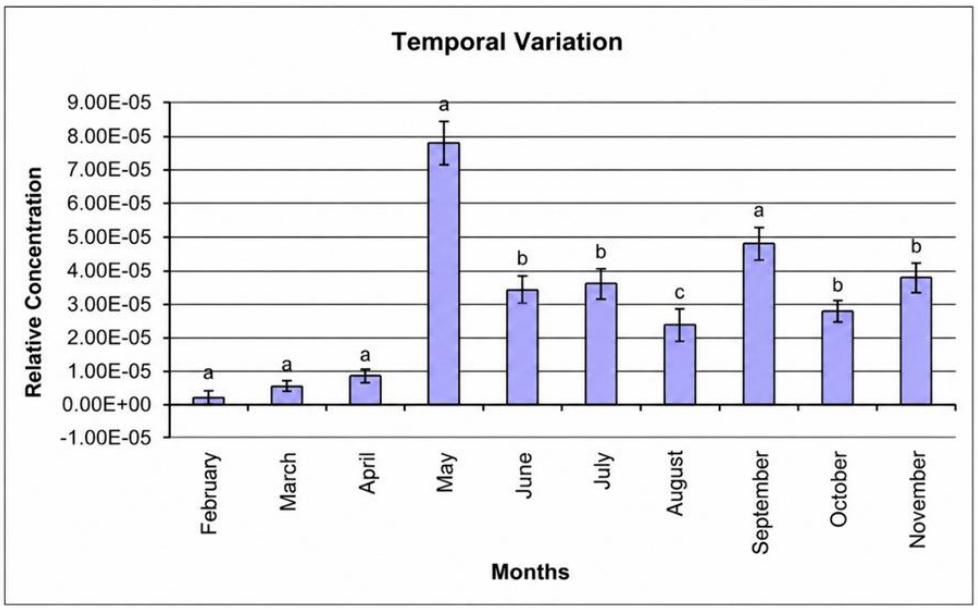


Source: Adapted from Varricchio et al. (2008).

Additionally, evaluations carried out throughout different seasons of the year demonstrated seasonal variations in the relative intensity of chromatographic signals associated with diterpenoids present in stem latex, highlighting the influence of environmental conditions on the secondary metabolism of the species, as shown in Figure 2 (Varricchio et al., 2008).

For the analysis of the temporal and seasonal variation of the chemical constituents of the stem latex of E. tirucalli, three fresh nodal segments (0.4 cm) were collected monthly in the IPPN garden between 8:00 and 9:00 am, at the end of the second week of each month. The seasonal effect on the relative percentage variation of the chemical constituents of the stem latex of E. tirucalli was verified by HPLC/UV (Dimitrijevic et al., 1996; Dagang et al., 1985; Karalai et al., 1985), evaluating the retention time and ultraviolet spectrum (Figure 2).

Figure 2. Temporal and seasonal variation of the chromatographic profile of diterpenoids present in the latex of the aerial part (modified stem) of Euphorbia tirucalli cultivated in the IPPN/UFRJ garden.



Source: Adapted from VARRICCHIO et al., 2008.

These results indicate that the chemical production of E. tirucalli exhibits high physiological plasticity, being influenced by environmental and nutritional factors. Considering that in vitro cultivation constitutes an artificial condition capable of significantly modifying plant metabolism, it becomes relevant to evaluate its effects on the production of secondary metabolites and on the interaction of the plant with microorganisms associated with plant tissues.

In this context, the present study aimed to evaluate the in vitro establishment of Euphorbia tirucalli, to qualitatively characterize the changes in the chemical profile of the latex by HPLC/UV, and to investigate the occurrence of microorganisms associated with explants cultivated under different experimental conditions, aiming to contribute to the standardization of the micropropagation of the species and to the understanding of the factors involved in its chemical production.

Based on these preliminary results in ecophysiology and understanding the relevance of contemporary climatic variations in plant chemical production, due to the presence of lipophilic elements in roots, which can contaminate solid waste, and due to the presence of hydrophilic elements capable of contaminating effluents, these qualitative analyses will be discussed, aiming to standardize the micropropagation of the species present in the garden of the Institute of Natural Products Research of the Federal University of Rio de Janeiro, Ilha do Fundão Campus (IPPN/UFRJ).

MATERIALS AND METHODS

The specimens of Euphorbia tirucalli L. used in this study were obtained from plants cultivated in the garden of the Institute for Research on Natural Products (IPPN) of the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Ilha do Fundão Campus, Rio de Janeiro, Brazil.

The botanical identification was carried out by Dr. Luci de Senna Valle, and the voucher specimen was deposited in the Herbarium of the National Museum of Rio de Janeiro under botanical registration R-204.406.

The anatomical characterization of the species was carried out by Natasha Conceição Gomes de Carvalho, under the supervision of Prof. Dr. Ricardo Cardoso Vieira, from the Federal University of Rio de Janeiro.

Establishing in vitro culture

Disinfestation of Explants

The aerial parts of Euphorbia tirucalli (stem and leaves) were initially washed in commercial detergent for 10 minutes, followed by three rinses in distilled water for 3 minutes each. Then, the stem segments were immersed in a Benlate® solution (1 mg L^{-1}) and kept under UV-C radiation (254 nm) for one hour in a laminar flow chamber.

After this period, the plant material was subjected to three successive washes in sterile distilled water for 3 minutes each. Subsequently, the explants were immersed in 70% ethanol for 5 minutes, followed by three final washes in sterile distilled water for 3 minutes each.

After aseptic procedures, the explants were prepared for inoculation in culture medium under aseptic conditions.

Plant Tissue Culture

The explants were standardized into nodal segments approximately 1.0 cm long and 0.4 cm in diameter. Under aseptic conditions, in a laminar flow chamber, the segments were inoculated into test tubes containing 3.0 mL of Murashige and Skoog (MS) culture medium (Murashige & Skoog, 1962),

supplemented with 30 g L^{-1} sucrose, 4.1 µM nicotinic acid, 0.6 mM myo-inositol, 2.4 µM pyridoxine-HCl, and 1.5 µM thiamine-HCl.

The pH of the medium was adjusted to 5.8 ± 0.1 before the addition of 8 g L^{-1} of agar. The culture media were sterilized in an autoclave at 120 °C and a pressure of 1.1 kgf cm^{-2} for 15 minutes.

Different in vitro culture conditions were evaluated by modifying the composition of the MS medium, including variations in sucrose concentration (0, 10 and 30 g L^{-1}), supplementation with plant growth regulators [6-benzylaminopurine (6-BAP), gibberellic acid (GA_3), abscisic acid (ABA), 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), naphthaleneacetic acid (NAA) and kinetin (CIN)], changes in nitrogen concentration, modifications in the potassium:sodium ion balance (1:4), and also one test group under incubation at high temperature (30 ± 2 °C).

The cultures were maintained in a growth chamber at 25 ± 1 °C, under a 16-hour photoperiod and a light intensity of approximately 30 µmol m^{-2} s^{-1}, provided by daylight fluorescent lamps.

Different culture conditions were employed with the aim of preliminarily evaluating the response of explants regarding in vitro establishment, occurrence of contamination, oxidation, and possible alterations in the chemical profile of the latex.

Analysis of the Presence of Chemical Constituents and Relative Percentage Variation in their Production in Micropropagated Plants.

Plant Chemistry

High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)

For chemical analysis and qualitative determination of the constituents present in the latex, stem segments of E. tirucalli were collected from plants maintained in the garden of the Institute of Research on Natural Products of the Federal University of Rio de Janeiro (IPPN/UFRJ), between 8:30 am and 9:00 am. Additionally, explants cultivated in vitro under different experimental conditions were selected that, after 40 days of cultivation, did not present visible morphological alterations.

The samples were standardized into segments approximately 1.0 cm long and subjected to extraction in 500 µL of 70% (v/v) ethanol using an ultrasonic bath for 10 minutes. Subsequently, the extracts were prepared for chromatographic analysis.

The analyses were performed using a Shimadzu SPD-M10A high-performance liquid chromatography (HPLC) system, equipped with an LC-10AD pump, CBM-10A controller, and photodiode array detector. A Lichrosorb RP-18 column (reversed phase), 20 cm long and with 10 µm particles, was used (Degani, Cazes, Vieira, 1998).

Twenty µL of each extract were injected using an isocratic mixture of methanol: water acidified with 0.1% phosphoric acid (90:10, v/v) as the mobile phase, at a flow rate of 1.0 mL min^{-1} for 20 minutes. Chromatographic detection was performed at 220 nm, a characteristic wavelength for monitoring phorbol esters and related diterpenoids (Dagang et al., 1993; Dagang et al., 1994; Karalai et al., 1995; Dimitrijevic et al., 1996; Bicchi et al., 2001).

Analysis of the Constituents Present in the Latex of Micropropagated E. tirucalli

The comparison of chemical profiles was performed by analyzing the chromatographic signals obtained by HPLC/UV, considering the retention time and the respective ultraviolet absorption spectra. The detected constituents were identified comparatively and sequentially named S1, S2, S3, and so on, according to the order of detection in the chromatograms.

The profiles obtained for plants grown in the field were compared to those observed in explants maintained in vitro under different culture conditions, allowing for a qualitative assessment of possible changes in the relative production of metabolites present in the latex, in agreement with information previously described in the literature for the species.

Microbiological Analysis of the Plant Specimen from IPPN

Isolation and Identification of Microorganisms Associated with Euphorbia tirucalli

Explants of E. tirucalli cultivated in vitro in Murashige and Skoog (MS) media that showed visible signs of contamination during the cultivation period were selected at the Plant Physiology Laboratory. Additionally, stem samples were collected from plants maintained under field conditions in the garden

of the Institute for Research on Natural Products of the Federal University of Rio de Janeiro (IPPN/UFRJ).

Samples from in vitro cultures and plant material collected in the field were sent to the Microbiological Analysis Laboratory of the Department of Phytotechnics at the Institute of Agronomy of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ), where they underwent isolation and identification of microorganisms associated with plant tissues.

The microbiological analysis aimed to investigate possible sources of endogenous contamination of the explants and their potential influence on the establishment of in vitro cultures.

RESULTS

Disinfestation and Development of Explants

Contamination was observed in 74.4% of the explants inoculated in the different treatments evaluated, while oxidation occurred in 24.2% of cases, resulting in the loss of most of the cultured material.

The highest contamination rates were observed in media supplemented with naphthaleneacetic acid (NAA) and kinetin (CIN) in combination, ranging from 92% to 100%, as well as in treatments containing abscisic acid (ABA), which showed a contamination rate of 88.7%.

In assays involving modifications to the culture medium composition, the observed contamination rates were 100% for treatments with altered nitrogen concentration, 96% for those subjected to modification of the potassium-iodide ion balance (1:4), and 74% for those maintained at 30 ± 2 °C.

Explants grown in MS medium under white light showed a contamination rate of 96%.

Regarding plant development, the best results were observed in explants grown in MS medium supplemented with 10 g L^{-1} of sucrose. Under these conditions, a lower intensity of oxidation was observed compared to explants grown in sucrose-free medium.

Chemical profile of micropropagated plants

HPLC/UV analysis revealed the presence of constituents with absorption spectra compatible with diterpenoids previously described for E. tirucalli, including compounds with spectral characteristics attributed to derivatives of tigliane (210–250 nm) and ingenane (204 nm) nuclei (Dimitrijevic et al., 1996; Bicchi et al., 2001).

In plants grown in the field and collected in April, four main substances were detected, identified by their respective retention times and spectral profiles.

Explants maintained in vitro in MS medium without supplementation showed a reduction in the number of substances detected, as well as a decrease in the relative intensity of chromatographic signals when compared to plants grown in the field.

However, explants that exhibited oxidation processes showed an increase in the relative intensity of certain chromatographic signals when compared to explants grown in MS medium without visible signs of oxidation.

Microbiological Analysis

Microbiological analysis of samples from plants maintained in the field and from explants contaminated during in vitro cultivation allowed the isolation of different microorganisms associated with plant tissues.

In stem samples collected from asymptomatic plants maintained in the IPPN/UFRJ garden, the fungi Rhizoctonia solani and Verticillium sp. were identified.

In addition to these microorganisms, the presence of Fusarium oxysporum was identified in explants cultivated in vitro, indicating the occurrence of fungal contamination associated with the plant material used to establish the culture.

DISCUSSION

In vitro establishment and contamination of explants

The botanical identification of the species and the anatomical characterization allowed for the adequate standardization of the plant material used in this study. However, the in vitro establishment of E. tirucalli showed high contamination rates, regardless of the cultivation conditions evaluated.

The best results were observed in explants grown in MS medium supplemented with 10 g L^{-1} of sucrose, a condition that showed a lower incidence of contamination and lower oxidation intensity when compared to the other treatments. These results suggest that the balance between carbon availability and osmotic conditions can directly influence the maintenance of plant tissue viability during culture establishment.

The high contamination rates observed in this study corroborate previous reports involving species of the genus Euphorbia, in which obtaining axenic cultures represents one of the main challenges for micropropagation (Milanez; Monteiro Neto, 1956; Ayub; Colussi, 2003). Considering the natural adaptation of E. tirucalli to environments with water and nutrient restrictions, particularly under conditions of low nitrogen availability and high concentration of mineral salts, abrupt changes in water and nutrient availability during in vitro cultivation can favor physiological imbalances and increase susceptibility to contamination (Varricchio et al., 2008).

Additionally, the absence of vitrification, even under conditions of greater water and nutrient availability, reinforces physiological characteristics previously described for xerophytic species tolerant to water stress, suggesting adaptive mechanisms that deserve further investigation.

Microorganisms associated with plant tissues

The identification of Rhizoctonia solani and Verticillium sp. in samples from asymptomatic plants grown in the field suggests the occurrence of microorganisms naturally associated with the tissues of E. tirucalli. In explants grown in vitro, the additional identification of Fusarium oxysporum reinforces the hypothesis of endogenous contamination as one of the factors responsible for the high losses observed during the establishment of the cultures.

The late appearance of contamination during in vitro culture is a further indication that some of the microorganisms were previously associated with the internal tissues of the explants, making their elimination by conventional surface asepsis procedures difficult. This behavior has been described in several plant species and represents one of the main obstacles for micropropagation protocols involving plants with a high degree of interaction with endophytic microorganisms (Bhattacharya; Khuspe, 2001; Varricchio et al., 2008).

The presence of these microorganisms can also influence plant secondary metabolism. Several studies demonstrate that endophytic fungi can alter the production of bioactive metabolites by their hosts, either by inducing defense mechanisms or by altering plant metabolic signaling. Therefore, the possibility that some of the variations observed in chromatographic profiles are related to the interaction between the plant and its associated microbiota cannot be ruled out.

Ecophysiological and biotechnological implications

The phytochemical analyses performed in this study, combined with results previously obtained under field conditions, reinforce the high metabolic plasticity of E. tirucalli. The alterations observed in the chromatographic profiles of explants cultivated in vitro indicate that conditions of physiological stress, oxidation, and interaction with microorganisms can influence the production of diterpenoids present in the latex.

This characteristic is relevant not only from an ecological point of view, but also for biotechnological applications. The species' ability to survive in environments subject to water stress, salinity, and nutritional restriction has sparked interest for use in environmental recovery strategies, biomass production, and agricultural systems adapted to adverse conditions (Milanez; Monteiro Neto, 1956; Hecker; Furstenberger, 1986; Elhaak; Migahid; Wegmann, 1997; Torres, Caldas; Buso, 1998; Ayub; Colussi, 2003; Varricchio et al., 2008).

Furthermore, the potential relationship between associated microorganisms and alterations in the chemical composition of latex opens perspectives for future studies aimed at obtaining metabolites of pharmacological, agricultural, and industrial interest. Understanding these interactions may contribute to the development of more efficient cultivation, micropropagation, and sustainable exploitation protocols for the biotechnological potential of E. tirucalli.

Botanical certification, pest control and microbiological analysis

The studied species was certified by a specialist, and its main morphological characteristics were described in accordance with ANVISA standards (MS/ANVISA, 2003). Regarding in vitro cultivation under white light associated with varying sucrose levels (absence of sucrose, with 10 g/L, and with 30 g/L of sucrose), among all the procedures performed, inoculation with 10 g/L of sucrose throughout the cultivation period resulted in the highest rate of disinfestation, suggesting that this method is effective in reducing contamination (Bhattacharya; Khuspe, 2001).

It propagates best in soil poor in nitrogen and water but rich in mineral salts (Hecker; Furstenberger, 1986), possibly having become a limiting nutritional factor in vitro (Taiz; Zeiger, 2003; Varricchio et al., 2008). For this reason, recognizing its characteristics as xerophytes and halophytes verified in our in vitro cultures, after careful study, the use of this species was proposed as a mechanical barrier and for the use of brackish water in certain geographical circumstances below sea level, where sea invasion occurs associated with water stress, compromising agriculture (Gaspar et al., 2023).

It is known that the latex of Hevea brasiliensis (rubber tree Euphorbia) showed synergism with the antifungal Amphotericin B, being active against Candida albicans and Cryptococcus neoformans (Giordani et al., 2002), and is of pharmaceutical interest.

Indeed, there is a direct proportionality between the presence of palmitic acid produced by endophytic fungi and the increase in the phytochemical yield of pure ingenol, a non-toxic substance derived from ingenane, which is of great biotechnological interest because it exerts important antitumor and antiviral (anti-HIV) activity, being obtained through the selective hydrolysis of ingenane derivatives from Euphorbia lathyris (Bicchi et al., 2001; Daí et al., 2001).

Preliminary biological assays of this individual from the Ilha do Fundão campus suggested an immune modulatory effect and not a cytotoxic effect on neoplastic cell lines (Santa Clara Jr., 2007), distinct from reports in the literature that point to individuals from Espírito Santo/Brazil as being toxic and selectively cytotoxic to neoplastic cell lines (De Souza et al., 2023).

Historically, during World War II, the latex of E. tirucalli was processed for rubber production. Large-scale plantations have been investigated for twenty years as a photosynthetic source generating biomass for the production of fuel energy such as gasoline or charcoal, initially in the United States (Furstenberger; Hecker, 1986) and in Arab countries (Salah-Zayed et al., 2001). This could be a new

phytochemical procedure adopted to explore the biotechnological potential of E. tirucalli and its relationship with the identified microorganisms, suggestive of a serious disruption of its homeostasis.

Additionally, our group verified that raw E. tirucalli latex, applied at room temperature to samples of the IPP-5 polymer (isopolypropylene), induced qualitative surface deformation, observed macroscopically after prolonged exposure. This preliminary result suggests a potential interaction between lipophilic components of the latex and the polymer matrix, with implications for the reuse of plastic waste in the context of the circular economy and potential application in community actions aimed at sustainability (Cruz Filho et al., 2023; Delaunay de Souza et al., 2023).

Plant development in the field and in vitro

Significant differences were observed between the vegetative development of Euphorbia tirucalli under natural conditions and in vitro cultivation. While sprouting in plants kept in the field occurred approximately two weeks after pruning, explants cultivated in vitro showed sprout emission only after about six weeks of cultivation.

The delayed development observed in vitro was frequently accompanied by tissue oxidation processes, especially during subcultures. Considering the high latex production characteristic of the species, it is possible that the diffusion of metabolites released by the injured tissues into the culture medium contributed to the darkening of the explants and the reduction of their physiological vigor.

The best development results were observed in treatments conducted in MS medium without sucrose or supplemented with 10 g L^{-1} of sucrose, conditions that also showed lower oxidation intensity when compared to media containing higher concentrations of this carbohydrate.

These results suggest that the availability of carbon in the culture medium influences not only the development of explants, but also the physiological balance of tissues during in vitro establishment. Therefore, strategies involving the initial use of media with lower sucrose concentration, followed by gradual supplementation throughout the culture, may represent a promising alternative for optimizing micropropagation protocols for this species.

Production of Diterpenoids and Potential Environmental Implications

The results obtained in this study corroborate previous observations made with E. tirucalli individuals cultivated in the IPPN/UFRJ garden, in which differences in the chemical composition of the latex were verified depending on the plant organ analyzed and the environmental conditions to which the plant was subjected (Varricchio, 2005; Varricchio et al., 2008).

Previous studies have shown that stems containing aged latex, originating from branches subjected to pruning and maintained for extended periods under natural environmental conditions, exhibited an increased relative concentration of certain diterpenoids when compared to tissues containing freshly produced latex. Similarly, young shoots showed lower relative concentrations of these metabolites, possibly due to the initial stage of development of the laticiferous systems, as described in anatomical studies of the species.

The detection of diterpenoids in roots located at different soil depths suggests that these metabolites may play ecological roles beyond the defense of aerial tissues, including potential interactions with rhizosphere organisms. Although the mechanisms involved are not yet fully understood, the literature describes that metabolites produced by species of the genus Euphorbia can influence soil-associated microbial communities, as well as act in processes of biological competition and plant defense.

The seasonal analysis previously conducted with individuals cultivated in the field showed relative stability in the production of the main diterpenoids throughout the year, with a predominance of compounds compatible with tigliane and ingenane nuclei. However, punctual variations in the occurrence of compounds compatible with dafnanes suggest that environmental factors, particularly temperature, light, and water availability, may influence the expression of specific metabolic pathways related to the biosynthesis of these compounds.

The results obtained in micropropagated plants reinforce this hypothesis, since alterations in cultivation conditions and explant oxidation processes were associated with qualitative and quantitative changes in the observed chromatographic profiles. Taken together, this evidence indicates high metabolic plasticity of the species and demonstrates that environmental, physiological, and microbiological factors can act in an integrated way in the regulation of diterpenoid production.

Considering the structural and functional diversity of these metabolites, future studies should investigate in more depth their possible biotechnological applications, including interactions with

synthetic materials, biodegradation processes, environmental recovery, and obtaining bioactive compounds of pharmacological and industrial interest (Varricchio et al., 2006). Micropropagation of Euphorbia heterophyla roots for the control of parasitic species has been used (Ayub; Colussi, 2003).

Furthermore, due to its toxic effect, the roots of E. tirucalli are used in Africa and India as an inducer of vomiting for people and animals bitten by snakes (Ito, 1980). Since E. tirucalli is considered in the literature as a co-promoting tumor species, the contamination of soils and groundwater by the exudation of diterpenoids from the African species has been suggested. These diterpenoids are known to have toxic and immunosuppressive properties for the B lymphocyte lineage, and for this reason, are co-responsible for the high prevalence of Burkitt's Lymphoma (BL) in the African belt (Bosch, 2004). Since esterified products are lipophilic and not hydrophilic, this is very unlikely to be the mechanism by which this latex contributes to the high prevalence of BL.

However, as verified in seasonal detections, there is variation in the detection of terpenoids during warmer seasons, with their number and relative concentration decreasing under high temperatures and high light conditions. Therefore, airborne contamination from the release of volatile isoprenoid substances should be adequately investigated in the laboratory, as proposed by Nagamatsu et al. (2019); The ecophysiological behavior of this plant under stress from exposure to cigarette smoke in an enclosed environment was preliminarily investigated by Rebelo et al. (2025), who evidenced its route of gas release through technological measure profile register.

The analysis of the temporal variation in metabolite production was homogeneous in the field plant throughout the analyzed period, with the detection of tiglianes and ingenanes. Dafnanes were only detected in the May sample, raising the question of whether this could be a response to environmental stress due to temperature variation, as described for isolated phorbol esters (Furstenberger; Hecker, 1986) and also in biological and toxicological assays (Varricchio, 2008; Delaunay de Souza et al., 2023; Cruz Filho et al., 2023).

This study hypothesizes that esterified terpenoids with aromatic cores, present in the latex of E. tirucalli, could chemically interact with expanded polystyrene (styrofoam), given the shared nonpolar character between aromatic daphnanes and the styrenic matrix. Styrofoam is chemically known as polystyrene. To test this hypothesis, the effect of raw latex from the IPPN garden on expanded polystyrene samples at room temperature was investigated for periods of up to 48 hours (surface erosion assessment) and up to 30 days (deformation assessment). No digestion or macromolecular

decomposition of the polymer were observed. However, at the end of 30 days, a slight qualitative surface deformation of the styrofoam was observed, attributed to the probable solvent action of lipophilic components of the latex (nonpolar terpenes, including daphnanes) on the styrenic polymeric matrix.

Therefore, qualitatively, the polystyrene underwent slight chemical deformation after 30 days, a similar observation verified for IPP-5 plastic (isopolypropylene) exposed to raw, fresh latex at room temperature, as already discussed by Delaunay de Souza et al. (2023) and Cruz Filho et al. (2023).

Corroborating the mechanistic hypothesis, when the latex was previously subjected to mild hydrolysis (water bath, 37°C, 15 min), the surface deformation observed in the polymers (IPP-5 and polystyrene) was no longer detected. This result is consistent with the rupture of the esterified chains of the diterpenoids during mild hydrolysis, with consequent loss of lipophilicity responsible for the interaction with the nonpolar polymeric matrix, leaving only the polyhydroxylated diterpenes, of a more hydrophilic nature, as previously verified by Varricchio (2008).

In contrast, extractions performed at high temperature yielded, by HPLC/UV, esterified terpenoids such as dafnanes and aromatic dafnanes, as well as micropropagation under hypersalinity conditions (Varricchio et al., 2008; 2008a), classes that continue to be investigated regarding their potential for erosion, chemical deformation (with a view to reuse and the circular economy) and interaction with synthetic polymers, and in addition, to their digestion potential.

Qualitative Analysis of the Constituents Present in the Latex of Euphorbia tirucalli from the Field and Micropropagated

The results obtained for the plants cultivated in vitro were compared with the chromatographic profile of field plants collected in April, adopted as the reference standard in this study. The choice of this period was based on previous studies of temporal variation in diterpenoid production in E. tirucalli, which once again demonstrated the significant influence of seasonal factors on the chemical composition of the latex (Varricchio et al., 2008).

Terpenoid biosynthesis is known to be influenced by environmental and physiological factors, including temperature, light, water availability, nutritional status, and plant growth regulators. Therefore, comparisons between samples obtained at different times of the year can introduce variations

independent of the experimental treatments evaluated, as proposed sine Nath; Mandahar; Gulati (1978).

In this context, the use of a seasonal reference standard allowed for a more consistent evaluation of the changes observed during in vitro cultivation, minimizing potential interferences resulting from the natural variability of the species. This approach becomes particularly relevant for studies aimed at standardizing micropropagation protocols and the controlled production of secondary metabolites of biotechnological interest.

The results obtained reinforce the need to consider seasonality as a relevant experimental factor in investigations involving E. tirucalli, especially when the objective is to compare phytochemical profiles or monitor metabolic changes associated with different cultivation conditions with precise data for investigations in sustainable use applications (Santa Clara Jr., 2007; Gaspar et al., 2023; Gomes et al., 2024; Wasim et al., 2025; 2025a).

CONCLUSION

The in vitro establishment of Euphorbia tirucalli presented high rates of fungal contamination and oxidation of explants, constituting one of the main challenges for the micropropagation of the species. Among the conditions evaluated, the best results for plant development were observed in MS media without sucrose and supplemented with 10 g L^{-1} of sucrose, while supplementation with gibberellin (GA_3) and 6-benzylaminopurine associated with norbixin favored the development of explants.

HPLC/UV analyses revealed qualitative and quantitative differences in diterpenoid production between field-grown plants and explants maintained in vitro, confirming the high metabolic plasticity of the species and the influence of cultivation conditions on the production of secondary metabolites. The results also reinforced the importance of seasonality and physiological conditions in the interpretation of the phytochemical profiles of E. tirucalli.

Microbiological analysis revealed the presence of Rhizoctonia solani, Verticillium sp., and Fusarium oxysporum associated with plant tissues, suggesting that endogenous microorganisms may contribute to the high contamination rates observed during in vitro cultivation and potentially influence the secondary metabolism of the species.

Taken together, the results obtained contribute to the standardization of micropropagation protocols and to the understanding of the dynamics of diterpenoid production in Euphorbia tirucalli, providing support for bioprospection and future investigations involving pharmacological, environmental and biotechnological applications of this species with high economic and scientific potential.

REFERENCES

AYUB, RA; COLUSSI, F. In vitro regeneration of Euphorbia heterophyla (Leiteiro). In: Proceedings of the XIV Brazilian Congress of Floriculture and Ornamental Plants / I Brazilian Congress of Plant Tissue Culture. MG, Federal University of Lavras, 2003, p. 154.

BETANCUR-GALVIS, LA; MORALES, G. E; FORERO, J. E; ROLDAN, J. Cytotoxic and antiviral activities of Colombian medicinal plant extracts of the Euphorbia genus. Memories of the Oswaldo Cruz Institute; RJ, 97(4): 541 – 6, Jun, 2002.

BETANCUR-GALVIS, L.; PALOMARES, E.; MARCO, JA; ESTORNELL, E. Tigliane diterpenes from the latex of Euphorbia obtusifolia were inhibitory activity on the mammalian mitochondrial respiratory chain. Journal of Ethnopharmacology, USA, 85 (2-3): 279 – 282, Apr. 2003.

BICCHI, C. HPLC-UV and HPLC-positive-ESI-MS Analysis of the diterpenoid fraction from Caper Spurge (Euphorbia lathyris) seed oil. Phytochemical Analysis, 12: 255 – 262, 2001.

BIESBOER, DD; DAMOUR, P.; WILSON, SR; MAHLBERG, P. Sterols and Triterpenols in latex and cultured tissues of Euphorbia pulcherrima. Phytochemistry, USA, 21 (5): 1115 – 1118, 1982.

BOSCH, CA van den. Is endemic Burkitt´s lymphoma an alliance between three infections and a tumor promoter? The Lancet Oncology, UK, 5: 738 – 746, Dec, 2004.

BUCHANAN, BB; GRIUSEM, A.; RUSSEL, LJ Biochemistry & Molecular Biology of Plant. USA: American Society of Plant Physiologists Maryland, 2000, 1318p.

CARVALHO, AFU; MELO, VMM; CRAVEIRO, AA; MACHADO, MIL; BANTIM, MB; RABELO, EF. Larvicidal Activity of the Essential Oil from Lippia sidoides Cham. against Aedes aegypti Linn. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. vol. 98 (4): p. 569-571. 2003.

CRONQUIST, A. The Evolution and Classification of Flowering Plants. USA: The New York Botanical Garden, 1988.

CRUZ FILHO, FC; FREIRE SOUZA SILVA, F.; BELLIZZI, GM; RAMOS DA SILVA, I. DE S.; GASPAR, SA; GORINI, CG; PYRRHO, A. DOS S.; VARRICCHIO, MCBN. Bioproduct with Potential Plastic Digestion. The Teaching of Environmental Ethics by the SAPB-LIPAT/UFRJ & UNIFASE-FMP PROJECT. E-book Interdisciplinarity and Innovation in Scientific Research. ISBN no. 978-65-84976-74-0. São José dos Pinhais, PR. Seven Publicações Ltda. November 2023.

DAGANG, W.; SORG, B.; ADOLF, W.; SEIP E, H.; HECKER, E. Oligo- and Macrocyclic Diterpenes in Thymelaeaceae and Euphorbiaceae Occurring and Utilized in Yunnan (Southwest China). 5. Daphnane type 9,13,14-orthoesters from roots of Daphne papyracea. Phytotherapy Research, USA, 7: 197 - 199, 1993.

DAGANG, W.; SORG, B.; HECKER, E. Oligo- and Macrocyclic Diterpenes in Thymelaeaceae and Euphorbiaceae Occurring and Utilized in Yunnan (Southwest China). 6. Tigliane type diterpene esters from latex of Euphorbia prolifera. Phytotherapy Research, USA, 8: 95 – 99, 1994.

DAÍ, CC Comparative studies on the fatty acids contained in four species of medicinal plants from family Euphorbiaceae and their endophytic fungi. Abstract. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, China, 26 (9): 592 – 5, Sep., 2001.

DATTA, R.; YOSHINAGA, K.; KANEKI, M.; PANDEY, P.; KUFE, D. Phorbol ester-induced generation of reactive oxygen species is protein kinase Cb-dependent and required for SAPK activation. The Journal of Biological Chemistry, USA, 275: 41000-41003, 1999

DEGANI, A LG, CAZES, A OC; VIEIRA, PC Chromatography – a brief essay. Química Nova na Escola – Cromatografia, RJ, 7: 21 – 25, May, 1998.

DELAUNAY DE SOUZA, N. et al. Euphorbia tirucalli elicitor in Vigna unguiculata cultivation: bioprocess, bioproduct and biotechnological potential plastic digester. Contemporary Journal of Ethics and Political Philosophy, vol. 3, no. 10, p. 16713–16730, Oct. 2023.Available at: https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/issue/view/20Accessed: July 25, 2025.

DE SOUZA LS, TOSTA CL, DE OLIVEIRA BJRP, VARRICCHIO MCBN, KITAGAWA RR, FILGUEIRAS PR, KUSTER RM. Chemical Profile and Cytotoxic Evaluation of Aerial Parts of Euphorbia tirucalli L. on Gastric Adenocarcinoma (AGS Cells) Nat. Prod. Res. 2023; 37:4267–4273. DOI: 10.1080/14786419.2023.2179623.

DIMITRIJEVIC, SM; HUMER, U.; SHEHADEH, M.; RYVES, WJ Analysis and purification of phorbol esters using normal phase HPLC and photodiode-array detection. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. UK, 15: 393 – 401, 1996.

ELHAAK, M. A; MIGAHID, MM; WEGMANN, K. Ecophysiological studies on Euphorbia paralias under soil salinity and sea water spray treatments. Journal of Arid Environments, Academic Press Limited, 35: 459 – 471, 1997.

EVANS, FJ; SOPER, CJ. The tigliane, daphnane and ingenane diterpenes, their chemistry, distribution and biological activities. The review. The Journal of Natural Products, USA, 41: 1-6, 1978.

FURSTENBERGER, G.; HECKER, E. On the active principles of the Euphorbiaceae, XII. Highly unsaturated irritant diterpene esters from Euphorbia tirucalli originating from Madagascar. Journal of Natural Products, Germany, May-Jun, 49 (3): 386 – 397, 1986.

GASPAR, SA et al. Environmental and economic values of salt tolerance. Euphorbia tirucalli: phytoremediation potential. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), v. 10, no. 6, Jun. 2023. ISSN 2349-6495 (print); 2456-1908 (online).Available at: https://ijaers.com/DOI:https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.106.5Accessed: July 28, 2025.

GIORDANI, R., REGLI, P., BUC, J. Antifungal effect of Hevea brasiliensis latex with various fungical synergistic action with amphotericin B against Candida albicans. Mycoses, USA, 45 (11-12): 476 – 81. 2002.

GOMES, NB DE N.; NAGAMATSU, D.; BOLOGNANI, F. DE A.; DE FREITAS, FJ; DE FREITAS, JMV; VARRICCHIO, MCBN; PYRRHO, A. DOS S.; CASTELO BRANCO, MTL Potential pathophysiological mechanisms observed in chronic toxicology of Euphorbia tirucalli: A Preliminary Study. Aracê Magazine. 2024, V. 6, N. 4, pg 11490-11516. Curitiba: New Science Publishers. ISSN: 2358-2472, doi:

https://doi.org/10.56238/arev6n4-035. Available at: https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/1910.

KARALAI, C.; WIRIYACHITRA, P.; SORG, B.; HECKER, E. Medicinal plants of euphorbiaceae occurring and utilized in thailand. V. Skin irritants of the daphnane and tigliane type in latex of Excoecaria bicolor and the uterotonic activity of the leaves of the tree. Phytotherapy Research, USA, 9: 482–488, 1995.

LAGE, CLS Culture medium for prevention and/or reduction of oxidation in tissue culture. Federal University of Rio de Janeiro, Pat. BR n. 10106515-7, 2001.

LIMA, E. da C.; AMARAL, ACF; SCHRIPSEMA, J.; KUSTER, RM. Phytochemical study of the latex and aerial parts of Euphorbia tirucalli (Euphorbiaceae) from Brazil. Brazilian Chemistry Congress. RJ: FIOCRUZ. Pg. 43. Abstract, 2003.

LIN, SJ; YEH, CH; YANG, L.M.; LIU, PC; HSU, FL Phenolic compounds from Formosan Euphorbia tirucalli. Journal of the Chinese Chemical Society. China, 48: 105 – 108, 2001.

MCGARVEY, DJ; CROTEAU, R. Terpenoid metabolism. The Plant Cell, v.7: 1015 – 1026, July 1995.

MILANEZ, FR; MONTEIRO NETO, H. Origin of the laticifers of the embryo of Euphorbia pulcherrima, Willd. Rodriguésia – Revista do Jardim Botânico, RJ, 351- 395, 1956.

MINISTRY OF HEALTH (Brazil). NATIONAL HEALTH SURVEILLANCE AGENCY. Resolution RDC No. 17, of February 24, 2000. Brasília, DF: ANVISA, 2000. Available at:http://www.anvisa.gov.br Accessed on: July 31, 2008.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiology Plantarum, 15: 473 – 497, 1962.

NAGAMATSU, D.; HOBAICA, PEM; VARRICCHIO, MT; PYRRHO, A. DOS S.; WHITE CASTLE, MTL; VARRICCHIO, M.C.B.N. GEOPHARMACOBOTANY III: Semiological Aspects, Toxicology, and Bioproducts of Euphorbia tirucalli. E-book2019. 17p. RJ: Editora Marcia Cristina Braga Nunes Varricchio ISBN: 978-65-901189-1-2. Available at: https://sites.google.com/view/lipat/sapb-livros?authuser=0#h.p_ntfEULFFNrPd.Accessed November 10, 2025.

NATH, S.; MANDAHAR, CL; GULATI, A. Gibberelins and the break of bud dormancy in virus-infected cuttings of Euphorbia pulchérrima. Experience, USA, Oct 15; 35 (10): 1328-9, 1979.

NEIVA, L. The cure for Cancer with Aveloz. RJ: Arte Nova SA, 1968, 54p.

PENNEL, RI; LAMB, C. Programmed Cell Death in Plants. The Plant Cell, American Society of Plant Physiologists, USA, 9: 1157–1168, July, 1997.

RAVEN, PH; EVERT, RF; EICHHORN, SE Plant Biology. RJ: Guanabara Koogan, 2001, 906p.

REBELO, R. DE M.; HAMMES, RSS; CAVALCANTI, LC; GAYER, DS; VARRICCHIO, MT; VARRICCHIO, MCBN; DA SILVA, J.; PYRRHO, A. DOS S.; LAGE, CLS; CASTELO BRANCO, MTL. Environmental Pollution, Smoking and Public Health: Environmental Technology Resources. Individual chapter in Sustainability and Environmental Management [e-book/electronic book]. Organized by Dariane Cristina Catapan. --

1st ed. -- Curitiba, PR: Editora Foco, 2025. ISBN: 978-65-83117-16-8. DOI: 10.54033/stebook.978-65-83117-16-8_4.

SALAH-ZAYED, MAD. Dietary cancer risk conditional cancerogens in production of livestock fed on species of spurge (Euphorbiaceae). V. Skin irritant and tumor-promoting diterpene ester toxins of the tigliane and ingenane type in the herbs Euphorbia nubica and Euphorbia heliescola contaminating fodder of livestock. Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, USA, 127: 40 – 47, 2001.

SANTA CLARA JR., PA Study of the Immune Modulatory Effect of Euphorbia tirucalli Extracts. 2007. 37 p. Monograph (Undergraduate in Biological Sciences - Biomedicine) – Federal University of the State of Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, 2007. Advisor: Prof. Dr. Morgana Teixeira Lima Castelo Branco.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant Physiology. USA: Sinauer Associates Inc. Publishers, 2002, 690p.

TORRES, A.C., CALDAS, LS; BUSO, JA. Plant Tissue Culture and Genetic Transformation. 2 vols. DF: Ministry of Agriculture and Supply. 1998, 864 p.

TORRES, A.C. Glossary of Plant Biotechnology. DF: Brazilian Agricultural Research Corporation/Brazilian-Argentine Center for Biotechnology. Ministry of Agriculture and Supply - Ministry of Science and Technology, 2000, 30p.

TORRES, AC Technical Circular. DF: Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. 19 pg, December, 2001.

VARRICCHIO, MCBN “Integrated Studies: Biotechnology, Toxicology, Special Metabolites and Antitumor Activity of Euphorbia tirucalli L.” Dissertation supervised by Celso Lage and co-supervised by Ricardo Machado Kuster, 2003/2004. Postgraduate Program in Plant Biotechnology, Federal University of Rio de Janeiro, 2005.

VARRICCHIO, MCBN; PEREIRA, C.; SALES, F.; GOMES, T.; DAUDT, E.; LESSA, C.; MORENO, G.; CARNEIRO, RL; VARRICCHIO, MT; CANANO, JLG; MALFACINI, S.; TELLES, O.; GOMES, NBN; MOREIRA, CB; DIREITO, ICN; ARAÚJO, BE; HOBAICA, PEM; PYRRHO, A.; HOLANDINO, C.; CASTELO BRANCO, MTL; KUSTER, RM. Qualitative Evaluation of Diterpenoid Production from Euphorbia tirucalli (Aveloz) under Controlled Conditions for Medicinal Purposes. Proceedings of FERTBIO/EMBRAPA CENTRO-OESTE. p. 20-24. MS, September 2006.

VARRICCHIO, MCBN; ORMELEZ, EG; MOREIRA, CB; SILVA, S. DA; KUSTER, RM; LAGE, CLS. In vitro cultivation of Euphorbia tirucalli (Aveloz), evaluation of the chemical composition of the latex under different cultivation conditions, and larvicidal and juvenile activity test in Aedes aegypti. Revista de Biologia e Farmácia (BIOFAR/UEPB), 2008.1. V. 02, N. 01. Pg 01 – 14. ISSN 1983-4209. Available at: https://sites.google.com/view/lipat/sapb-artigos?authuser=0#h.p_R-zmF-u4hSrb.

VARRICCHIO, MCBN; SILVA, S.; HOLANDINO, C.; LAGE, CLS; KUSTER, RM; CASTELO-BRANCO, MTL.Chromatographic analysis of aveloz latex and the risks of non-standardized plant extracts. FOG Archives, Petrópolis, 5(2): 113-136 Oct. 2008a. Available at: https://sites.google.com/view/lipat/sapb-artigos?authuser=0#h.p_VqBHuWxLYCXv. Accessed on: April 9, 2026.

WADA, R.; SUTO, Y.; KANAI, M; SHIBASAKI, M. Dramatic Switching of Protein Kinase C Agonist/Antagonist Activity by Modifying the 12-ester side chain of Phorbol Esters. Journal of the American Chemical Society, USA, 124: 10658–10659, 2002.

WASIM, N. et al. Euphorbia resinifera: potential in clinical syndromes. INFO-SAPB – Journal of Support for the SAPB-LIPAT Project, Faculty of Pharmacy, Federal University of Rio de Janeiro, v. 9, no. 2, 2025. Available at:Accessed on: April 4, 2026.

WASIM, N.; VARRICCHIO, MCBN; DA SILVA, J.; PYRRHO, A. DOS S.; DA SILVA, S.; WHITE CASTLE, MTL. In vitro cytotoxicity of Euphorbia genus: A review study. Pedagogical Notebook, v.22, n.13, 2025a. ISSN 1983-0882.DOI: https://doi.org/10.54033/cadpedv22n13-250. Available at:https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/issue/view/163.

WHELAN, L. C.; RYAN, MF Ethanolic extracts of Euphorbia and other ethnobotanical species as inhibitors of human tumor cell growth. Phytomedicine, USA, 10 (1):53–8, Jan, 2003.

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XXV



conhecimentolivre.org/home
contato@conhecimentolivre.org
editoraconhecimentolivre

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE