



# Inovações e Rotas Tecnológicas Sustentáveis na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

**Prof. José Fernando Thomé Jucá**  
**Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos**  
**Universidade Federal de Pernambuco**

## Um Olhar sobre Inovação e Rotas Tecnológicas Sustentáveis na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

### Principais tópicos:

- Inovação e Sustentabilidade
- Desafios Atuais
- Explosão de Dados
- Gestão da Informação
- Alternativas tecnológicas de tratamento
- Rotas Tecnológicas de Tratamento (ESG)
- Ferramentas de Apoio





# EXPONENTIAL TECHNOLOGIES

Faster,  
Cheaper,  
Computing  
Power



**Sensors**  
**Networks**  
**Artificial Intelligence**  
**Robotics**  
**3D Printing**  
**VR & AR**  
**Synthetic Biology**  
**Blockchain**



**Reinventing  
Every Business  
Model &  
Ecosystem**

# Desafios Tecnológicos

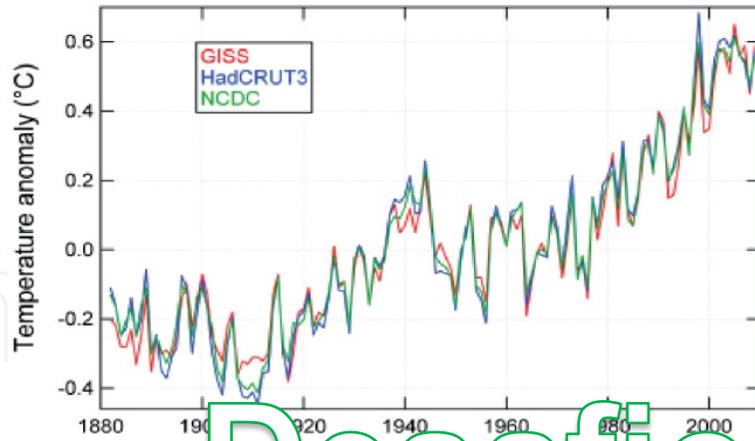


Figure 2.  
Comparison of three data set on surface temperature (source: Verheggen [24]).

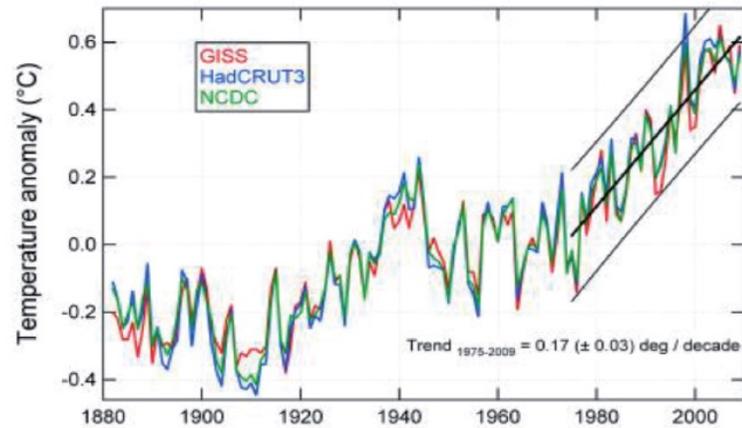


Figure 3.  
Showing average temperature from three dataset (source: Verheggen [24]).

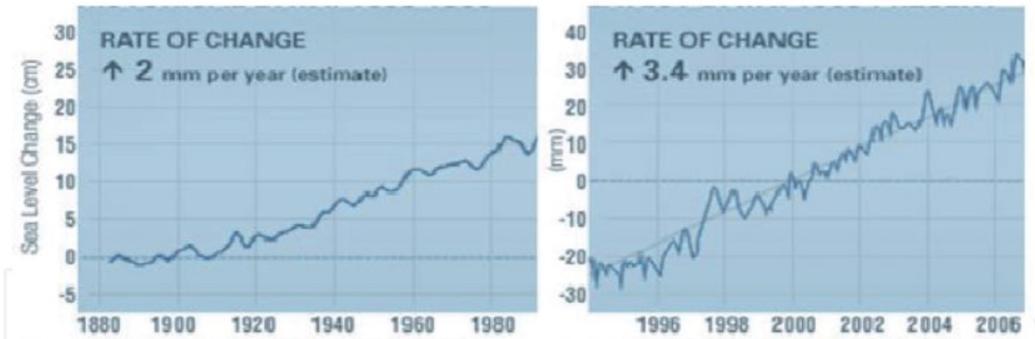
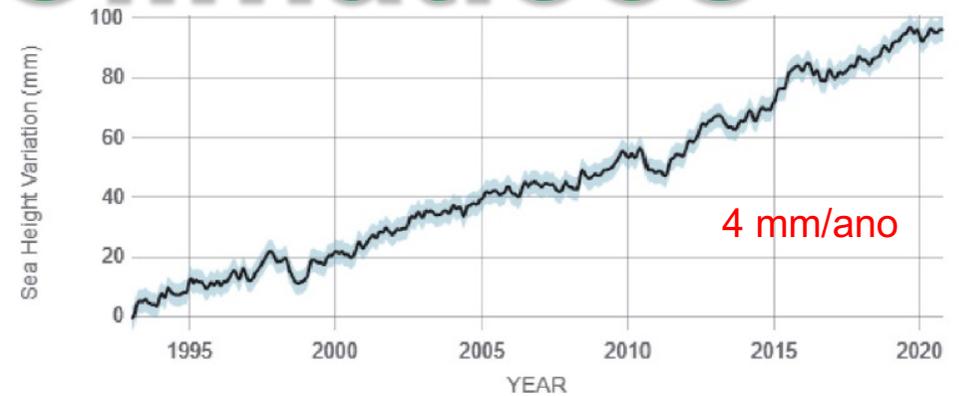


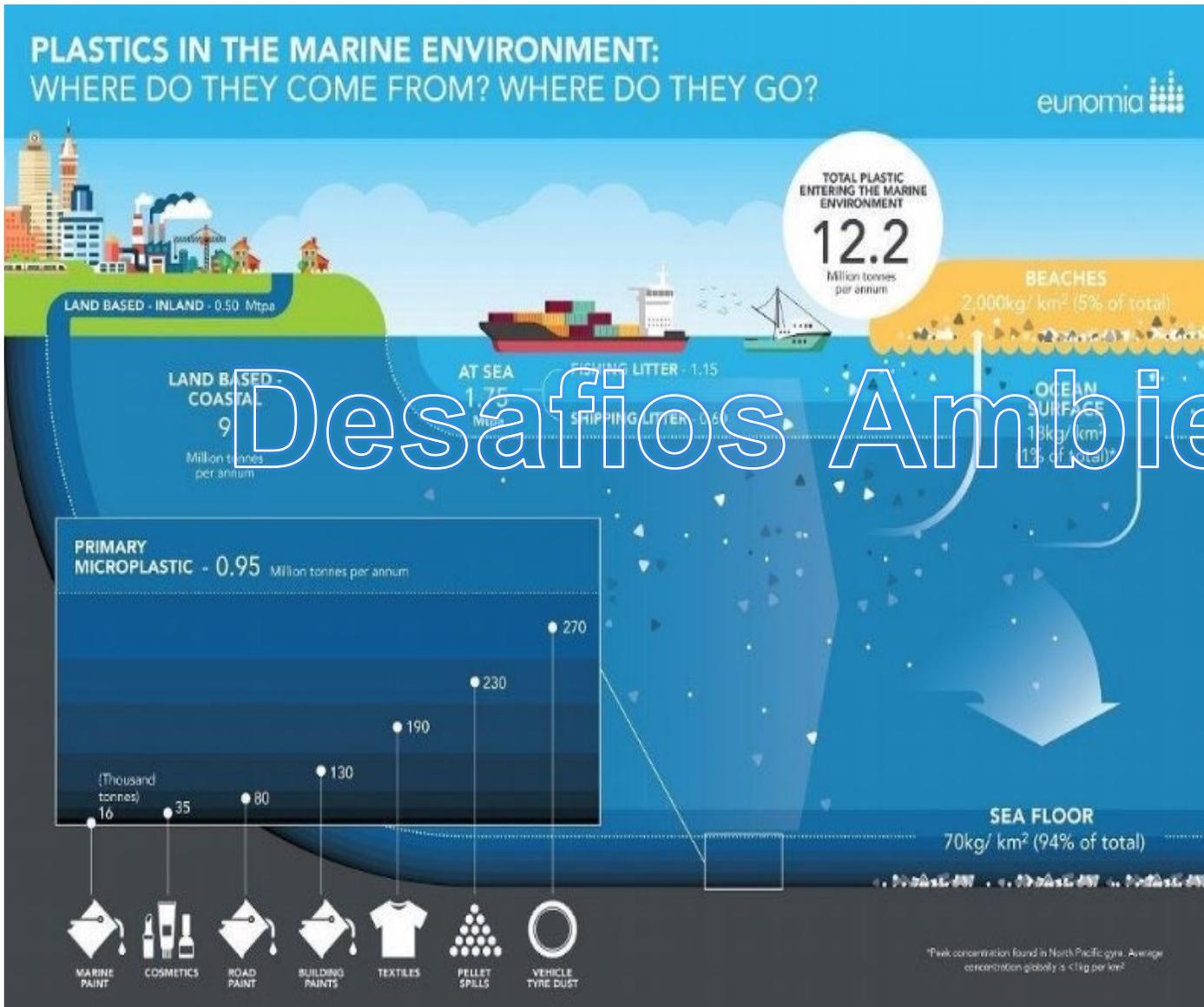
Figure 4.  
Measuring annual sea level rise from 1993 with satellite altimetry. The expected rate of sea level rise is 3.4 mm per year, due to global warming and widespread melting of ice sheets and glaciers. (source: NASA-global climate change [25]).



Source: climate.nasa.gov

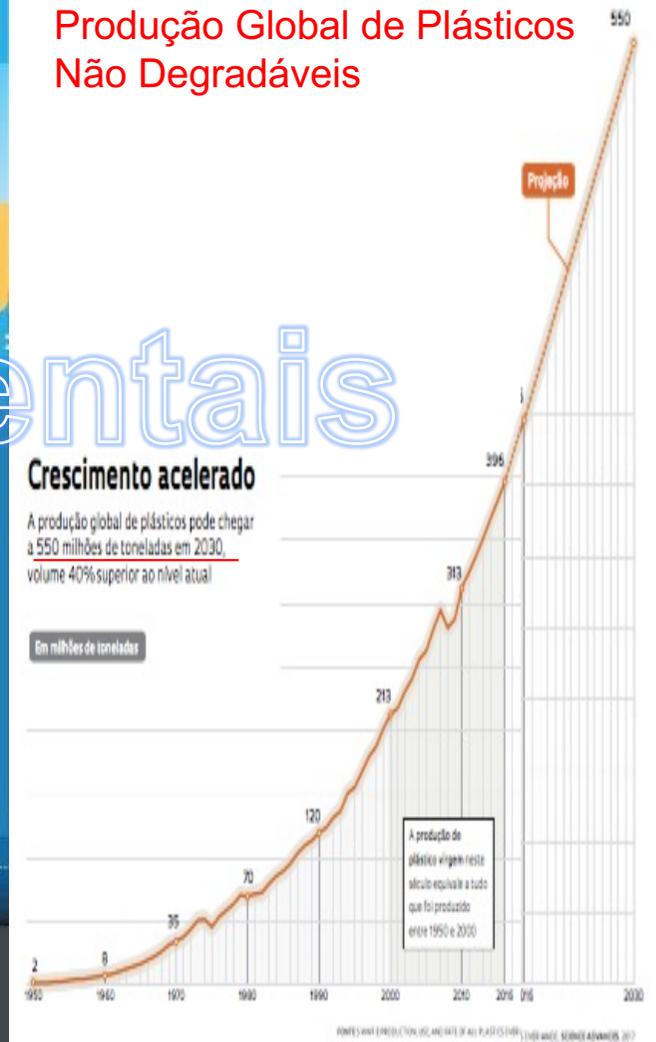
Figure 5.  
Trend of increase in sea level (satellite data) (source: NASA-global climate change [25]).

# Desafios Climáticos



Desafios Ambientais

## Produção Global de Plásticos Não Degradáveis





## COP 27: COMO A RECICLAGEM AJUDA A CONTER O AQUECIMENTO GLOBAL

07 de Novembro de 2022, 14h00

NOTÍCIAS



### COP 27 E A RECICLAGEM

A correta gestão dos resíduos sólidos é fundamental no conjunto de ações que buscam minimizar o impacto dos gases do efeito estufa na atmosfera.

A reciclagem do lixo evita uma parte significativa dos processos de produção da indústria moderna.

Mas como assim, Recicla Sampa?

Por exemplo, reciclar um material evita a extração de matérias-primas virgens ao mesmo tempo que economiza energia.

Em todos esses processos produtivos atuais, direta ou indiretamente, geram partículas do mais nocivo dos gases do efeito estufa, o gás carbônico.

Isso sem contar que quanto mais resíduos nos **aterros sanitários**, mais gases na atmosfera.

Portanto, **ao separar o lixo em dois** (comum x reciclável) você ajuda diretamente no combate ao aquecimento global.

Por isso, a gente gosta sempre de dizer que cada um de nós carrega uma responsabilidade histórica e cada gesto, por mais simples que pareça, faz a diferença.



Quem somos ▾ Onde trabalhamos ▾ O que fazemos ▾ Ciência & Dados



CONFERENCE

## Conferência das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC COP 28)

30 November - 12 December 2023  
Dubai



Photo: COP28 UAE

- Calendar
- Climate action
- Documents and decisions
- About us
- News

Action for Climate Empowerment & Children and Youth

Adaptation and resilience

Capacity-building

Climate Finance

Climate Technology

Cooperative activities and SDGs

Gender

Global Stocktake

Innovation

Just Transition

Land Use

Local Communities and Indigenous Peoples Platform

Market and Non-Market Mechanisms

Mitigation

Pre-2020 Ambition and Implementation

Science

The Ocean



### Carbon offsetting

## Can carbon trading reduce global emissions?



United Nations Climate Change



UN Climate Change Conference Baku - November 2024



MEIO AMBIENTE

## ONU confirma Belém (PA) como sede da COP-30, a conferência para o clima



Mais importante evento internacional sobre o clima será em novembro de 2025 na capital paraense. Candidatura foi apresentada pelo presidente Lula logo após ser eleito em 2022

Publicado em 26/05/2023 23h17

Atualizado em 27/05/2023 11h47

Compartilhe: [f](#) [X](#) [in](#) [📧](#) [🌐](#)



Discover IFAT

Industries & topics ▾

Data & Impressions ▾

Sustainability ▲

Our position

Visit sustainably

**Exhibit sustainably**

IFAT worldwide

World's leading trade fair

IFAT Munich 2024

May. 13-17, 2024

Good reasons to visit ▾

Exhibitor Directory ▾

Event program ▾

For exhibitors ▾

For journalists ▾

Plan your visit ▾

Buy your ticket

IFAT worldwide

IFAT Eurasia

IFAT in India

IE expo in China

IFAT Africa

IFAT Brasil

SIWW | Water Expo

IFAT Cooperations – WETEX Dubai

Discover IFAT / Sustainability / Exhibit sustainably



# Together for a sustainable trade fair presence and a green future!

Trade shows are the platforms of the future. During the trade show days, experts from all over the world gather to offer their future technologies, discuss approaches to solutions and enter into new collaborations. Events of this magnitude have enormous value for the economy. At the same time, we must be aware: Greenhouse gas emissions are released at every event. Together with partners, we have set out to develop measures for a more sustainable trade show industry and to fulfill our social responsibility. After all, sustainability and climate protection must be actively lived - this also includes a sustainable trade show presence.

Advertisement

Experience innovation up close.  
Solutions for digitalisation in the water industry  
Booth

**kamstrup**

## Consciously avoiding emissions

If you use your time on site selectively and intensively for business contacts and personal meetings, you save on individual travel to customers, partners, and service providers. In addition, you will have other opportunities to avoid emissions, save raw materials, and protect the environment during your trade fair appearance at IFAT Munich 2024.

**Beyond an age of waste**  
Turning rubbish into a resource

**Global Waste Management Outlook 2024**

Technology Trends

- Internet of Things
- Blockchain
- 5G/6G Network Evolution
- Edge Computing
- Machine to Machine
- Neuromorphic Systems
- Robotics
- Mobile Applications
- Digital Transformation
- Software Engineering and Quality

Computing

- Quantum Computing
- Cognitive Computing
- High Performance Computing
- Distributed and parallel systems
- Social Computing
- Cloud Computing
- Grid Computing
- Human-centred Computing
- Neuromorphic Computing
- Complex Systems

Artificial Intelligence

- Deep Learning
- Agents and Multi-agent Systems
- Decision Making
- Machine Learning
- Large language models (LLMs)
- Explainable AI
- Digital Twins
- Neural Networks
- Pattern Recognition
- Expert Systems

Ambient Intelligence

- Smart Cities
- Smart Grids and Energy Networks
- Sensing and Sensor Networks
- Ambient Assisted Living
- Smart Healthcare
- Intelligent Transportation
- Smart Services
- Affective computing
- Wearable Computing
- Context-aware pervasive systems

Computer Vision

- Human Computer Interaction
- Computer graphics
- Image Processing
- Geographic Information Systems
- Video Analysis
- Medical Diagnosis
- Segmentation Techniques
- Augmented Reality
- Virtual Reality
- Autonomous vehicles

Security

- Privacy
- Surveillance
- Biometrics
- Internet Security
- Electronic Data Interchange (EDI)
- Web Services and Performance
- Cryptocurrencies
- Cryptography
- Secure Protocols
- Cyber Security

Data Science

- Data Mining
- Big Data
- Data Analytics
- Support Vector Machines
- Sentiment Analysis
- Natural Language Processing
- Fuzzy Logic
- Data Warehousing
- Data Fusion
- Information Retrieval

e-Learning

- e-Learning Tools
- Mobile Learning
- e-Learning Organisational Issues
- Gamification
- Collaborative Learning
- Curriculum Content Design
- Educational Systems Design
- Learning Environments
- Web-based Learning
- Adaptive Learning Environments

**High Tech Conf.**



Wednesday 15 May 2024				Friday 17 May 2024		
09:30 - 10:30	OPENING GREETINGS			09:00 - 10:00	SESSION A7 <b>Territorial case studies</b> Chair: B. Steuer (HK)	SESSION B7 <b>Particles and microplastics from Circular Economy</b> Chair: L. Li (CA)
11:00 - 12:30	SESSION OP OPENING LECTURES			10:30 - 11:30	SESSION A8 <b>Circular Economy in developing countries</b> Chair: S. Salhofer (AT)	SESSION B8 <b>Wastewater treatment &amp; Circular Economy</b> Chair: S. Sorlini (IT)
15:00 - 16:00	SESSION A1 <b>Policies in Circular Economy</b> Chair: R. Stegmann (DE)	SESSION B1 <b>Artificial Intelligence and digital solutions</b> Chair: S. Serranti (IT)	SESSION C1 <b>Italian Session: Comunicazione &amp; educazione ambientale</b> Chair: G. De Feo (IT)	11:40 - 12:40	SESSION A9 <b>Circular Economy in Industries</b> Chair: P. Hennebert (FR)	SESSION B9 <b>Bioplastics</b> Chair: M.C. Lavagnolo (IT)
16:30 - 17:20	Focus Session I - Circular Economy practicality: regulatory hurdles & knowledge gaps Moderator: Pierre Hennebert (FR)			15:00 - 16:00	SESSION A10 <b>Economy &amp; financing in Circular Economy</b> Chair: Ž. Stasiškienė (LT)	SESSION B10 <b>Role of Circular Economy in Fashion Industry</b> Chair: A. Bartl (AT)
17:30 - 18:30	SESSION A2 <b>End of Waste</b> Chair: M.C. Lavagnolo (IT)	SESSION B2 <b>Biorefinery</b> Chair: L. Martins (PT)	SESSION C2 <b>Workshop: Thermal treatment in Circular Economy</b> Chair: D. Panepinto (IT)			

Thursday 16 May 2024			
09:00 - 10:00	SESSION A3 <b>Decision tools in Circular Economy</b> Chair: P. Gallo Stampino (IT)	SESSION B3 <b>Insects role in Circular Economy</b> Chair: V. Grossulle (IT)	SESSION C3 <b>Italian Session: Buone pratiche di circolarità in Italia</b> Chair: M. Ferrante (IT)
10:30 - 11:20	Focus Session II - Sustainable textile management: what does it need to proceed? Moderator: Andreas Bartl (AT)		
11:30 - 12:30	SESSION A4 <b>Social and economic aspects in Circular Economy of C&amp;D waste</b> Chair: F. Corsini (IT)	SESSION B4 <b>Quality of recycled products</b> Chair: D. Panepinto (IT)	SESSION C4 <b>Italian Session: Ricerca e Innovazione dell'Economia Circolare in Italia</b> Chair: M.L. Protopapa (IT)
15:00 - 16:00	SESSION A5 <b>Open issues in Circular Economy and Health perspectives</b> Chair: G. Beggio (IT)	SESSION B5 <b>WEEE and PV waste</b> Chair: A. Bonoli (IT)	SESSION C5 <b>Workshop: Circular Economy &amp; Biodiversity</b> Chair: M.C. Lavagnolo (IT)
16:30 - 17:20	Focus Session III - Circular Economy & Economics Moderator: Rainer Stegmann (DE)		
17:30 - 18:30	SESSION A6 <b>Communication and education</b> Chair: I. Williams (UK)	SESSION B6 <b>Critical and strategic raw materials</b> Chair: D. Yue (CN)	SESSION C6 <b>Workshop: Landfill Mining</b> Chair: R. Cossu (IT)

SESSION C7 <b>Workshop: Recovery &amp; recycling from PV panels</b> Chair: M. Tammaro (IT)	SESSION D7 <b>Workshop: Internet of Things application in biorefineries</b> Chairs: M.R. Di Cicco, C. Lubritto (IT)
SESSION C8 <b>Batteries</b> Chair: F. Pagnanelli (IT)	SESSION D8 <b>Workshop: Wood recycling</b> Chair: M. Schiavon (IT)
SESSION C9 <b>Workshop: Environmental sustainability of electric vehicles</b> Chair: M. Zanetti (IT)	SESSION D9 <b>Workshop: Collaborative waste management in developing countries</b> Chair: C. Schenck (ZA)
SESSION C10 <b>Workshop: Environmental education &amp; communication</b> Chair: G. De Feo (IT)	



If you are unable to view this message correctly, [click here](#)



ELSEVIER

## SOCIAL AND GENDER APPROACHES TOWARDS AN INCLUSIVE CIRCULAR ECONOMY

### Discover the first published articles of Journal of Climate Finance

The *Journal of Climate Finance* encourages interdisciplinary research on theoretical, empirical, or policy-related subjects. The main purpose of this journal is to establish an international platform allowing financial economists, policymakers, and practitioners to present original research and join the ongoing debates in the broad areas of sustainable and climate finance. [Read the full aims & scope](#)

> [Submit your manuscript](#)

### Read the articles

- **Global temperature shocks and real exchange rates**  
*Sinyoung O. Lee, Nelson C. Mark, Jonas Nauertz, Jonathan Rawls, Zhiyi Wei*
- **China's carbon market: Development, evaluation, coordination of local and national carbon markets, and common prosperity**  
*ZhongXiang Zhang*
- **Exploring the research situation of carbon finance: A scientometric analysis on Web of Science database**  
*Zhengzhong Wang, Yunjie Wei, Shouyang Wang*
- **Using machine learning to predict clean energy stock prices: How important are market volatility and economic policy uncertainty?**  
*Perry Sadorsky*



### Introducing DeCarbon

Ensure your next article enjoys the visibility and impact you're used to. We are delighted to introduce a relevant new option for your next open access



### About the journal

Published in partnership with Chongqing University, *DeCarbon* will serve as a leading international platform

"A crise energética e as mudanças climáticas são as duas questões globais mais urgentes do século XXI. Ambos se devem ao consumo excessivo de combustíveis fósseis à base de carbono. Sem dúvida, a demanda por energia continuará a aumentar, então como equilibrar o esforço de energia e as emissões de CO2



Como citar [ABNT 6023:2018]:  
SANTOS, Priscilla; BURGOS, Rayana. Abordagens sociais e de gênero para uma economia circular inclusiva. In: PEREIRA, Christiane; FRICKE, Klaus (coord.). **Cooperação Intersetorial e Inovação: ferramentas para a gestão sustentável de resíduos sólidos**. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2022.



Executive summary

# The Bio Revolution

Innovations transforming economies,  
societies, and our lives

May 2020

## Applying the Bio Revolution ...

Domain and examples	Arenas of innovation	Transformational capabilities
<p><b>Human health and performance</b></p>  <p>Health optimization in future generations</p> <p>Gene drives to reduce vector-borne diseases</p> <p>Cell-, gene-, and RNA-based approaches to prevent, diagnose, and treat diseases</p> <p>Improvements in drug development and delivery</p>	 Biomolecules  Biosystems  Biomachine interfaces	<p>Increased control and precision</p> <p>Enhanced ability to engineer and reprogram human and non-human organisms</p> <p>Increased throughput and productivity of R&amp;D</p> <p>Growing potential for interfaces between biological systems and computers</p>
<p><b>Agriculture, aquaculture, and food</b></p>  <p>Selective breeding of animals and plants</p> <p>CRISPR genetic engineering of plants</p> <p>Growth of plant-based protein and lab-grown meat</p> <p>Microbiome data to optimize agricultural inputs</p>	 Biomolecules  Biosystems	<p>Biological means for physical inputs</p> <p>Increased control and precision</p> <p>Enhanced ability to engineer and reprogram human and non-human organisms</p> <p>Increasing throughput and productivity of R&amp;D</p>
<p><b>Consumer products and services</b></p>  <p>DTC genetic testing</p> <p>Microbiome-based beauty products</p> <p>Genetically engineered pets</p> <p>Personalized offering of health, nutrition, and fitness based on omics data</p>	 Biomolecules  Biosystems  Biomachine interfaces	<p>Increased control and precision</p> <p>Growing potential for interfaces between biological systems and computers</p>
<p><b>Materials, chemicals, and energy</b></p>  <p>Development of new biorefineries for fabrics and dyes</p> <p>Improvement of existing fermentation processes for industrial enzymes</p> <p>Development of novel materials such as biopolymers</p> <p>Extraction of raw materials using microbes</p>	 Biomolecules  Biosystems	<p>Biological means for physical inputs</p> <p>Enhanced ability to engineer and reprogram human and non-human organisms</p> <p>Increasing throughput and productivity of R&amp;D</p>



## **Principais Tópicos**

### **Avaliação da gestão de resíduos e ferramentas apoio a decisão**

Análise do ciclo de vida; avaliação de risco; procedimentos de controle de qualidade; análise de custo-benefício; análise multicritério; melhores tecnologias disponíveis.

### **Minimização e reciclagem de resíduos**

Logística e reciclagem de resíduos; novas tecnologias de reciclagem; qualidade do material após a reciclagem; lixo eletrônico; resíduos de construção e demolição; baterias; veículo em fim de vida; resíduos do mercados.

### **Tratamento biológico**

Novos desenvolvimentos em compostagem e digestão anaeróbia; desafios em usar o conhecimento de microbiologia para explicar o processo biológico; avaliação de indicadores para avaliação da qualidade do produto.

### **Aterro sanitário**

Conceitos de aterros sustentáveis para resíduos pré tratados (mecânico e biológico); gerenciamento de lixiviados; tecnologias para mitigação da emissão de gases de aterro; mecânica de resíduos; aspectos de gestão, operação e financeiros.

### **Novos Projetos em Resíduos**

Requalificação funcional de antigos e novos aterros; mineração em aterros sanitários para reutilização de terras e remediação de terras degradadas por lixões; locais de tratamento de resíduos e relacionamento com a cidade; economia circular.

### **Gestão de resíduos e mudanças climáticas**

Minimização de GEE provenientes de atividades de gerenciamento de resíduos e aterros sanitários; projetos MDL e regulamentos IPPC; gestão de resíduos em Emergências; plástico, bioplásticos e novos materiais de resíduos; soluções de base natural na gestão de resíduos.

### **Gestão inteligente e digital de resíduos**

Coleta inteligente de resíduos; soluções inteligentes para a gestão de resíduos na cidade do futuro; reciclagem de resíduos e mudança social; recuperação de energia em pequenas e grandes cidades; redução do desperdício alimentar; novo modelo de negócios; gestão inteligente de resíduos; realidade aumentada na gestão de resíduos; tecnologias inteligentes para a melhoria da reutilização e reciclagem dos resíduos.

### Eco-Waste

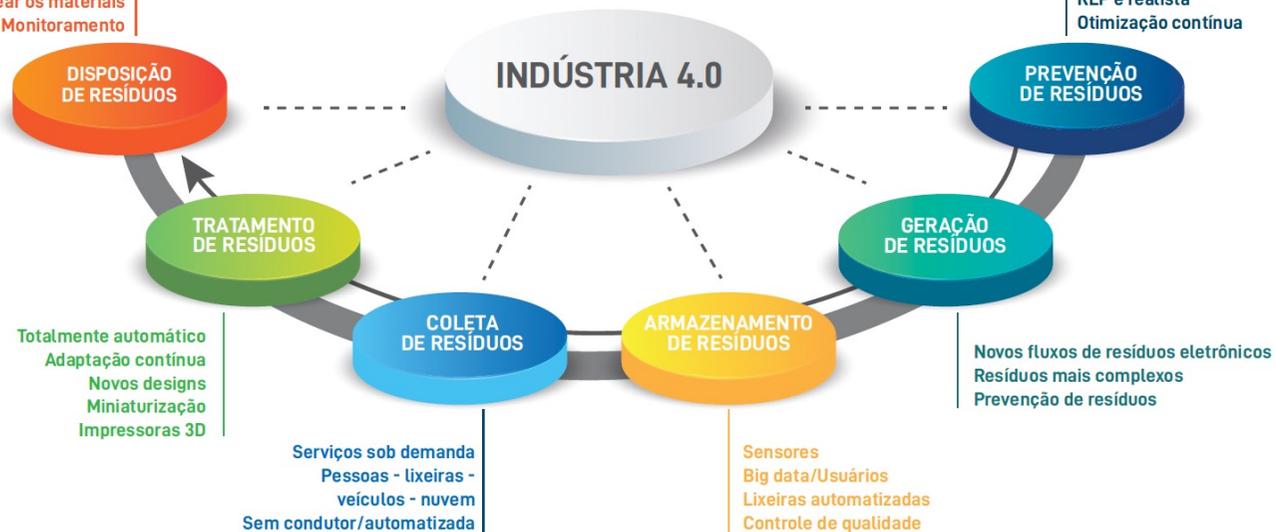
- Environmental cleaning
- Facility management services
- Green engineering and environmental technologies
- Green materials and technology (Biofuels, Bioplastics)
- Pollution control devices and solutions
- Waste recycling
- Waste transport vehicles and technologies
- Waste treatment and disposal

### Technology

- Artificial Intelligence
- Automation
- Consumer electronics
- IoT
- Lighting
- Networking and communication
- Robotics and drones

Compactação sem condutor  
Sensor - processo  
Mapear os materiais  
Monitoramento

Internet das coisas  
Manutenção preventiva  
REP é realista  
Otimização contínua



# O FUTURO DO SETOR DE GESTÃO DE RESÍDUOS

TENDÊNCIAS, OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA A DÉCADA

[ 2021 - 2030 ]

# A Revolução Digital no Setor de RSU

La revolución digital ha llegado para transformar el modo en que vemos y manejamos nuestros residuos (2023) por Paula Guerra.

<p><b>TECNOLOGÍAS DIGITALES</b></p>	 <b>GENERACIÓN</b>	 <b>LIMPIEZA</b>	 <b>ACOPIO TEMPORAL</b>	 <b>RECOLECCIÓN</b>	 <b>VALORIZACIÓN</b>	 <b>DISPOSICIÓN FINAL</b>
<p><b>¿PARA QUÉ?</b></p>	<p>Generar canales de comunicación entre proveedores de servicio y clientes.</p>	<p>Sistemas más eficientes y optimización de recursos.</p>	<p>Sistemas más eficientes y optimización de recursos.</p>	<p>Sistemas más eficientes y optimización de recursos, menor impacto ambiental.</p>	<p>Sistemas más eficientes y optimización de recursos.</p>	<p>Sistemas para seguimiento y control.</p>
<p><b>¿CÓMO?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir días de recolección.</li> <li>Promover separación en la fuente.</li> <li>Facturación de servicio.</li> <li>Generación de reportes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barredoras autónomas y auto dirigidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenedores inteligentes.</li> <li>Diseño óptimo de rutas de recolección.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiencia en rutas.</li> <li>Incremento de vida útil de vehículos.</li> <li>Control de operaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de tipo de residuos.</li> <li>Clasificación de residuos en plantas de separación.</li> <li>Análisis de data para industria de reciclaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de posibles áreas para implementar rellenos sanitarios.</li> <li>Control de puntos de disposición final (formales e informales).</li> </ul>
<p><b>EJEMPLOS DE USOS DE TECNOLOGÍAS DIGITALES</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Separación en la fuente.</li> <li>Mensajes Push.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Barredoras dirigidas por robots.</li> <li>Barredoras autónomas.</li> <li>Identificación de residuos.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Sensores para peso, volumen.</li> <li>Chips RFDI para ubicación y data de contenedor.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño óptimo de rutas.</li> <li>Seguimiento de operación de vehículos.</li> <li>Seguimiento de la vida útil del vehículo (telemática).</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar y clasificar residuos reciclables.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Recolección de data de rellenos sanitarios (drones).</li> </ul>
	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Facturación personalizada.</li> <li>Recolección programada.</li> <li>Servicio al cliente.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de microbasurales.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Administración de contenedores.</li> <li>Planificación y atención a contenedores.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de contenedores.</li> <li>Pesaje de residuos.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de datos de sensores para plantas de clasificación automatizadas.</li> <li>Plataformas de negocios y mercado.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de basurales informales o clandestinos.</li> </ul>
	 <b>TECNOLOGÍA EN COMUNICACIÓN</b>	 <b>ROBÓTICA</b>	 <b>INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)</b>	 <b>INTERNET DE LAS COSAS (IOT)</b>	 <b>ANÁLISIS DE DATOS</b>	 <b>COMPUTACIÓN EN LA NUBE</b>



## Gestão da Informação



EVREKA WASTE DASHBOARD

### Waste & material traceability solution for sustainable companies

Digitize waste and material management in your facility to achieve your sustainability goals

### About this Research Topic

Manuscript Submission Deadline 10 May 2023

This Research Topic seeks research in, but is not limited to, using AI to explore waste generation rate, origin identification, policy recommendations and environmental assessment. We are interested in the source detection of solid waste ashes and the mobility and environmental risk evaluation of the toxic elements contained therein. Possible topics may include:

- Advancements of AI to explore solid waste generation
- Artificial intelligent-aided methods in solid waste recycling
- Innovative recovery technology of heavy metals from solid waste
- Modelling framework for rapid environmental risk assessment of toxic elements in solid waste
- Co-recycling of solid waste from various sources

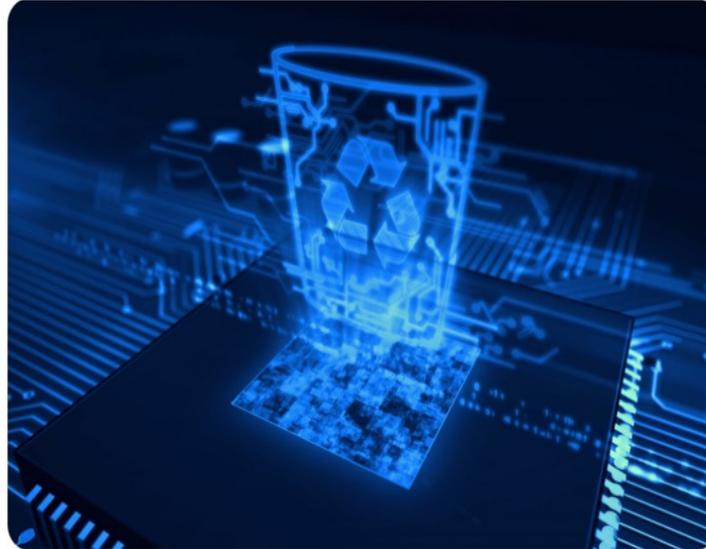
A gestão inteligente dos resíduos sólidos abriu o caminho para grandes volumes de dados coletados. Esses dados podem ser usados para desenvolver modelos e técnicas relevantes de aprendizagem de máquina (machine learning), inteligência artificial e abordagens que podem antecipar padrões de geração de resíduos e contribuir com soluções inteligentes de coleta, tratamento e aproveitamento de materiais e energia proveniente dos resíduos.

Share    

<https://evreka.co/blog/traceability-the-key-to-successful-waste-management-circularity/>

## Traceability: The Key to Successful Waste Management & Circularity

Smart Waste Management | 7 min Read



Real-Time Material Tracking for Supply Chain Optimization



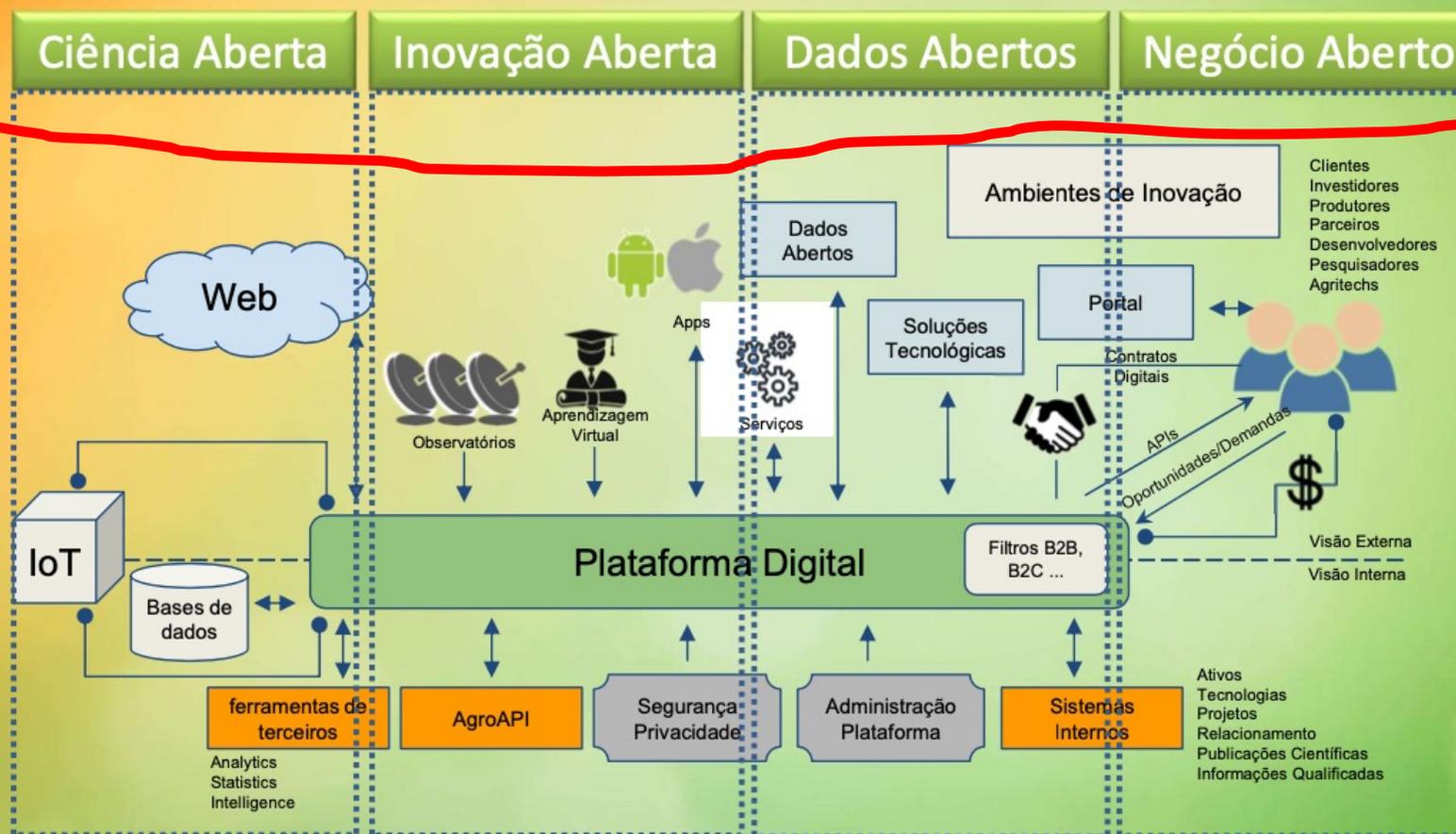
Traceability Is Essential for a Successful Circular Economy



Digitized Solutions Are Transforming Traceability

# Digital – OnAgro como MarketPlace Digital

## Plataforma Digital para a Agricultura

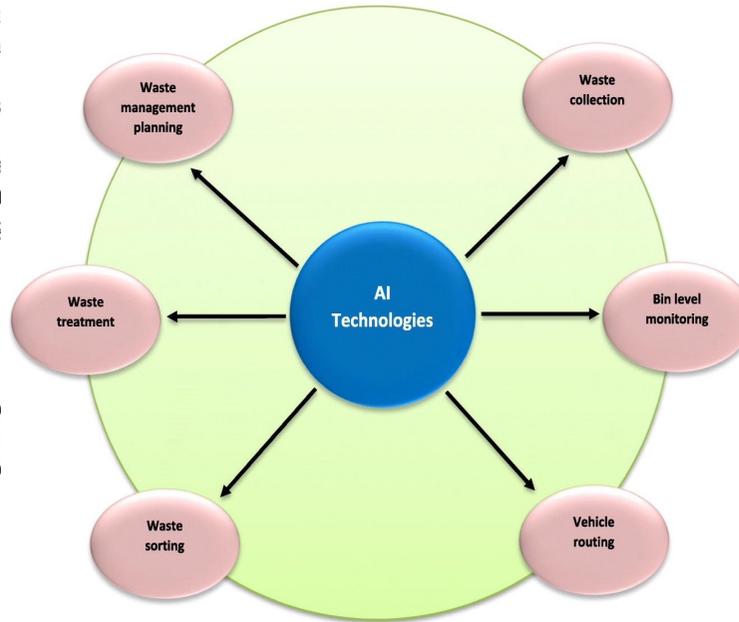




- SWOT analysis of the frequently adopted AI models.

AI – Artificial Intelligence

AI Models	Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats	Previous studies
Artificial neural networks (ANN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ability to simulate complex and non-linear relationships in multivariate systems</li> <li>Fault tolerance</li> <li>Calibration requires fewer parameters than deterministic models</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prone to overfitting</li> <li>Incapable of determining correlations of numerous factors involved</li> <li>Weak at handling non-linear and arithmetic problems</li> <li>Pre-processing of data is necessary</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potential source of business innovation when correctly implemented</li> <li>Used to increase the efficiency, safety and quality of production processes in almost every industry</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Privacy issues - AI driven companies have experienced privacy failures, and malicious attacks</li> </ul>	Adeleke et al., 2021; Yadav et al., 2021; Singh and Satija, 2018; Goel et al., 2017; Noori et al., 2010; Abbasi and Hanandeh, 2016
Decision trees (DT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low computational costs</li> <li>Results are easily interpreted</li> <li>Ability to deal with missing values and relevant features</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poor generalization on new data sets</li> <li>Data overfitting</li> </ul>			Yadav et al., 2021; Heshmati et al., 2014; Johnson et al., 2017; Sharma et al., 2019; Meza et al., 2019
Support vector machines (SVM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low generalization error</li> <li>Low computation cost</li> <li>Less susceptibility to overfitting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Highly sensitive to kernel selection</li> <li>Highly sensitive to hyperparameter tuning</li> </ul>			Agarwal et al., 2020; Meza et al., 2019; Sousa et al., 2019; Abbasi and Hanandeh, 2016; Hasituya et al., 2016; de Boves Harrington, 2017; de Boves-Harrington, 2015
Geometric algorithm (GA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Easy programmability</li> <li>High accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires meticulous construction</li> <li>Incorrect selection of operators could adversely impact generated results</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Can be a key enabler of strategic priorities</li> <li>Used to improve business efficiency and profitability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Privacy issues - AI driven companies have experienced privacy failures, and malicious attacks</li> <li>Safety issues can arise when AI systems are not well-designed.</li> </ul>	Oliveira et al., 2019; Sodanil and Chatthong, 2014
Linear	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low computational</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Not suitable for</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Helps businesses thrive in a world of</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Privacy issues</li> </ul>	Agarwal et al., 2020, Ransbotham et al.,





# Forecasting municipal solid waste generation using artificial intelligence modelling approaches

Maryam Abbasi , Ali El Hanandeh

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.018> Get rights and content

## Highlights

- The first study to forecast **MSW** generation using *k*-nearest neighbour.
- The first comparative study of intelligent models in prediction of **MSW** generation.
- Forecasting MSW generation in medium term period.
- Forecasting monthly waste generation for a case study in Logan city, Australia.

Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects  
Volume 38, 2016 - Issue 19

344 7  
Views CrossRef citations to date Altmetric

Research Article

## An artificial intelligence approach to predict a lower heating value of municipal solid waste

Ugur Ozveren   
Pages 2906–2913 | Published online: 03 Oct 2016

Cite this article <https://doi.org/10.1080/15567036.2015.1107864>

Environmental Technology Reviews  
Volume 12, 2023 - Issue 1

345 1  
Views CrossRef citations to date Altmetric

Review

## Application of artificial intelligence techniques in municipal solid waste management: a systematic literature review

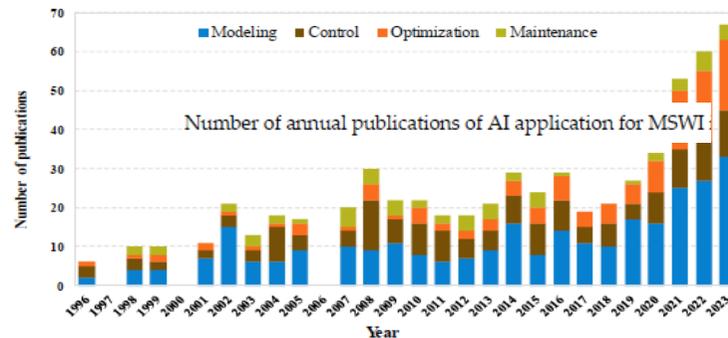
Adnane Mounadel , Hamid Ech-Cheikh, Saad Lissane Elhaq, Ahmed Rachid, Mohamed Sadik & Bilal Abdellaoui  
Pages 316–336 | Received 26 Jul 2022, Accepted 19 Mar 2023, Published online: 03 May 2023

Cite this article <https://doi.org/10.1080/21622515.2023.2205027>

## An Overview of Artificial Intelligence Application for Optimal Control of Municipal Solid Waste Incineration Process

Jian Tang<sup>1,2,\*</sup>, Tianzheng Wang<sup>1,2</sup>, Heng Xia<sup>1,2</sup> and Canlin Cui<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Information Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;



## Forecasting municipal solid waste generation using artificial intelligence models—a case study in India

Umang Soni<sup>1</sup> · Akashdeep Roy<sup>1</sup> · Ayush Verma<sup>1</sup> · Vipul Jain<sup>2</sup>

### Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia: A systematic review

Lynda Andeobu<sup>\*</sup>, Santoso Wibowo, Srimannarayana Grandhi

Central Queensland University, 120 Spencer Street, Melbourne 3000, Australia

HOME / ARCHIVES /  
VOL. 4 NO. 3 (2023): BRITISH JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY AND ADVANCED STUDIES

Engineering and Technology

## Role of Artificial Intelligence in Municipal Solid Waste Management



Bioresource Technology  
Volume 379, July 2023, 129044



Review

## A strategic review on sustainable approaches in municipal solid waste management and energy recovery: Role of artificial intelligence, economic stability and life cycle assessment

Rajendiran Naveenkumar<sup>a b 1</sup>, Jayaraj Iyyappan<sup>c 1</sup>,  
Ravichandran Pravin<sup>d</sup>, Seifedine Kadry<sup>e f g</sup>, Jeehoon Han<sup>h</sup>,

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129044> Get rights and content

## Highlights

- Waste-to-energy for municipal solid **waste management** have been presented.
- Effective waste management requires integrated technologies.
- Artificial intelligence helps to develop a sustainable waste management technique.
- Policy, economic and **environmental impact analysis** reduces the risk.

# Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work

Prepared by Mauro Cazzaniga, Florence Jaumotte, Longji Li, Giovanni Melina, Augustus J. Panton, Carlo Pizzinelli, Emma Rockall, and Marina M. Tavares

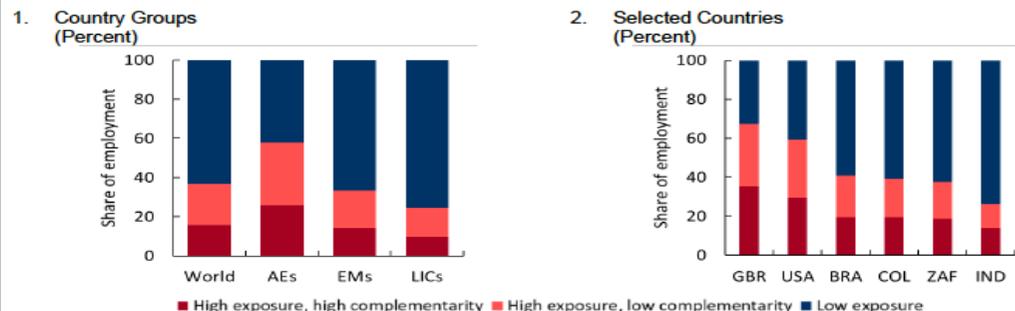
SDN/2024/001

IMF Staff Discussion Notes (SDNs) showcase policy-related analysis and research being developed by IMF staff members and are published to elicit comments and to encourage debate. The views expressed in Staff Discussion Notes are those of the author(s) and do not necessarily represent the views of the IMF, its Executive Board, or IMF management.

2024  
JAN

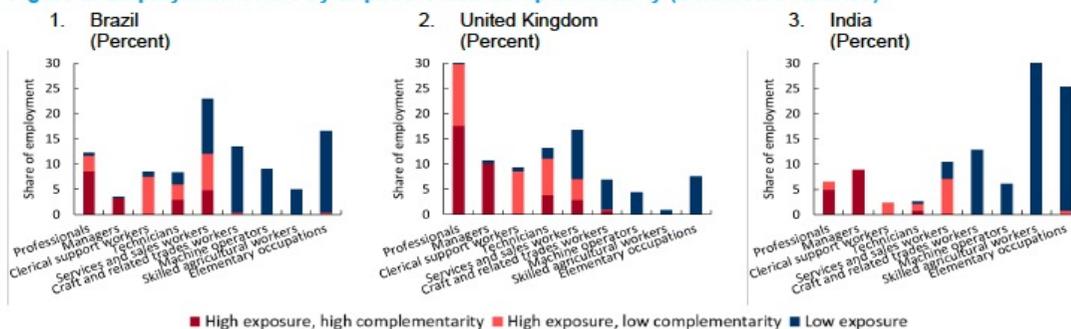


**Figure 1. Employment Shares by AI Exposure and Complementarity: Country Groups and Selected Individual Countries**



Sources: American Community Survey; Gran Encuesta Integrada de Hogares; India Periodic Labour Force Survey; International Labour Organization; Labour Market Dynamics in South Africa; Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua; UK Labour Force Survey; and IMF staff calculations.

**Figure 2. Employment Share by Exposure and Complementarity (Selected Countries)**



Sources: India Periodic Labour Force Survey; Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua; UK Labour Force Survey; and IMF staff calculations. Note: The charts plot the total employment share by each of the nine 1-digit International Standard Classification of Occupations (ISCO)-08 occupation codes.

## Considerações gerais do relatório sobre a distribuição de empregos:

- A inteligência artificial (IA) promete aumentar a produtividade e o desenvolvimento, mas o seu impacto nas economias e nas sociedades é incerto, variando consoante as funções e os setores, com potencial para amplificar as disparidades.
- A IA representa um amplo espectro de tecnologias projetadas para permitir que as máquinas percebam, interpretem, ajam e aprendam com a intenção de emular as habilidades cognitivas humanas. Uma dimensão crítica a considerar é a aceitabilidade social da IA.
- A IA desafia a crença de que a tecnologia afeta principalmente empregos de nível médio e, em alguns casos, de baixa qualificação: os seus algoritmos avançados podem agora aumentar ou substituir funções de alta qualificação, anteriormente consideradas imunes à automação.



# **Alternativas Tecnológicas de Tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos**

# As fases de implementação de um projeto de RSU e seu impacto no clima

## Fase 1

Promover disposição final adequada dos rejeitos em aterros sanitários, prevendo a coleta centralizada do biogás para queima ou aproveitamento energético

## Fase 2

Promover o reaproveitamento e reciclagem dos resíduos recicláveis secos, reduzindo a quantidade de materiais de baixa densidade encaminhados aos aterros.

## Fase 3

Promover a reciclagem da fração orgânica dos RSU por meio de coleta diferenciada do orgânico com o uso de técnica de compostagem e biodigestão.

## Fase 4

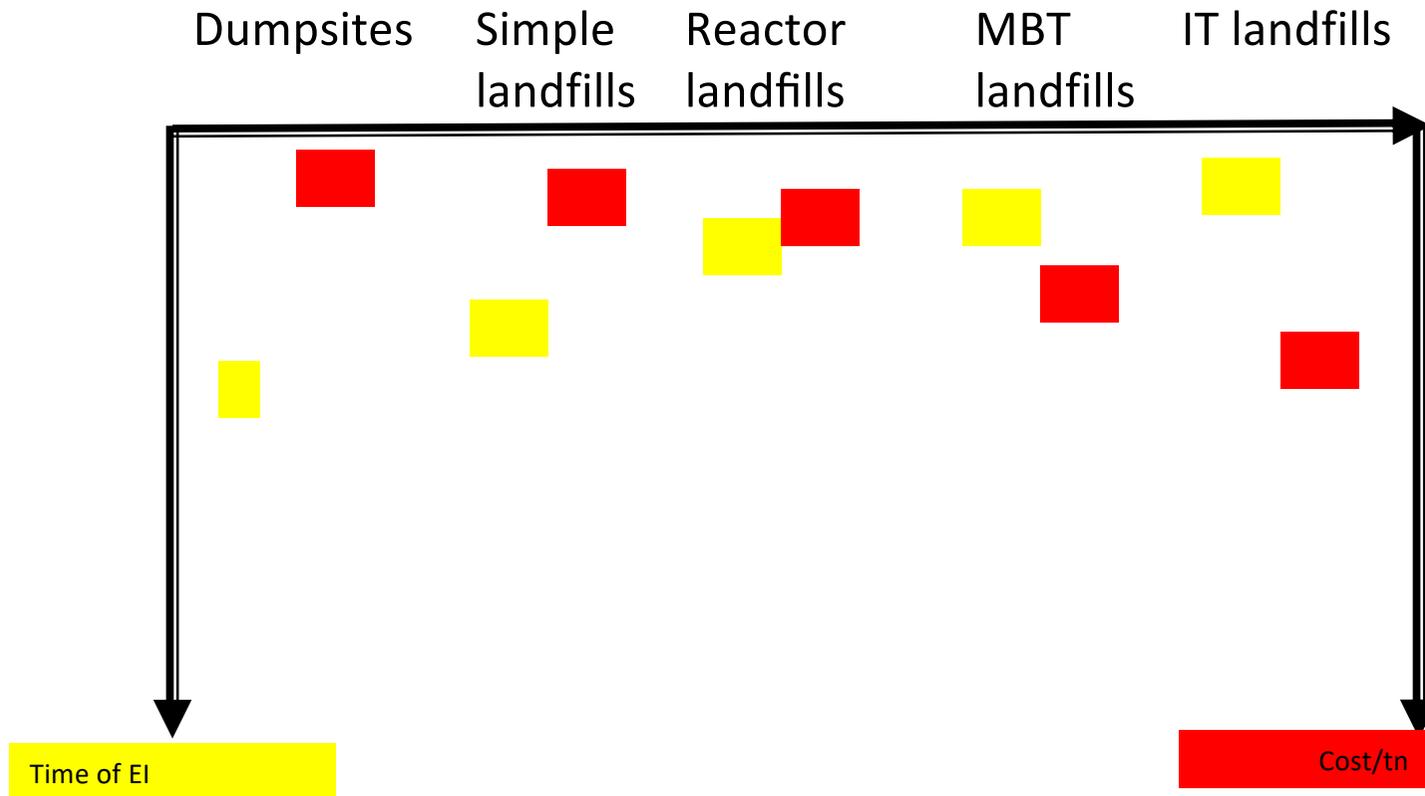
Promover a recuperação energética dos rejeitos em escala industrial, por meio de coprocessamento e/ou geração de energia elétrica.

## Alternativas tecnológicas (FADE/UFPE/BNDES, 2014)

TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO	Etapas			
	Licenciamento	Aceitação do subproduto	Requisitos técnicos	Preço do subproduto
Triagem de recicláveis	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Geração de CDR	Médio	Alto	Alto	Médio
Compostagem	Baixo	Baixo para resíduos mistos	Baixo	Alto
Estabilização biológica	Médio	Baixo	Médio	Médio
Biodigestão	Médio	Alto	Alto	Médio

CARACTERÍSTICAS	Triagem Tratamento MBT	Incineradores Termelétricas	Plantas de Compostagem	Aterros Sanitários c/ Aprov. de Biogás
Área Disponível	Menor	Baixo	Médio	Alta
Investimento Instalação	Médio	Alto	Médio	Menor
Custo Insumo	Baixo	Médio	Alto	Médio
Linha de Transmissão	Não se aplica	Alto	Médio	Alto
Custo de Produção	Baixo	Alto	Alto	Médio
Impacto Ambiental	Baixo	Alto	Médio	Alto
Capacitação de RH	Baixo	Alto	Médio	Baixo

# Impacto Ambiental x Custos do Tratamento



(Mavropoulos, 2019)

# Complexidade Tecnológica

TMB com biogás e incineração

**alta** complexidade



Compostagem e triagem de recicláveis com alta automação

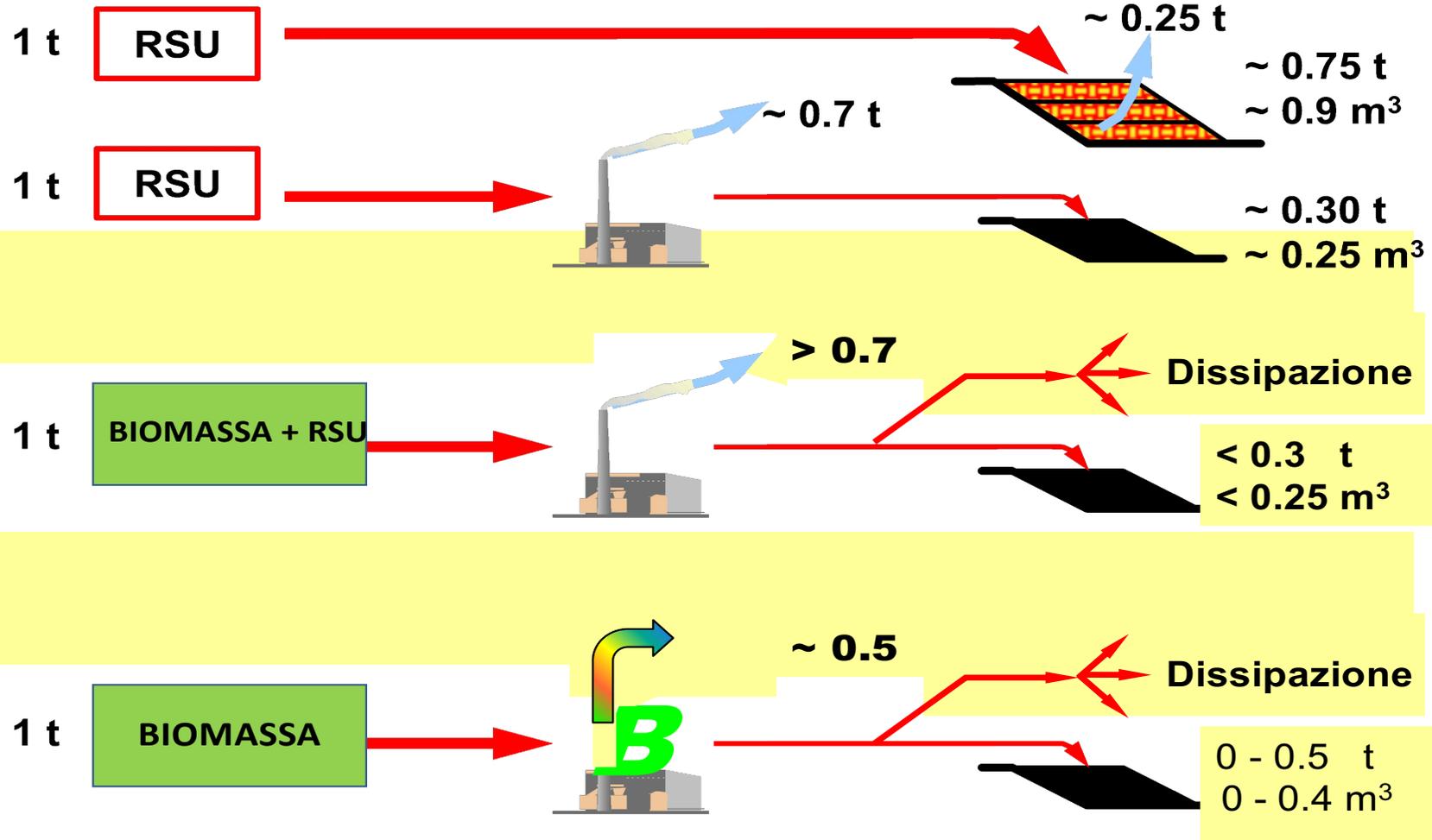
**média** complexidade



Triagem de recicláveis com baixa automação

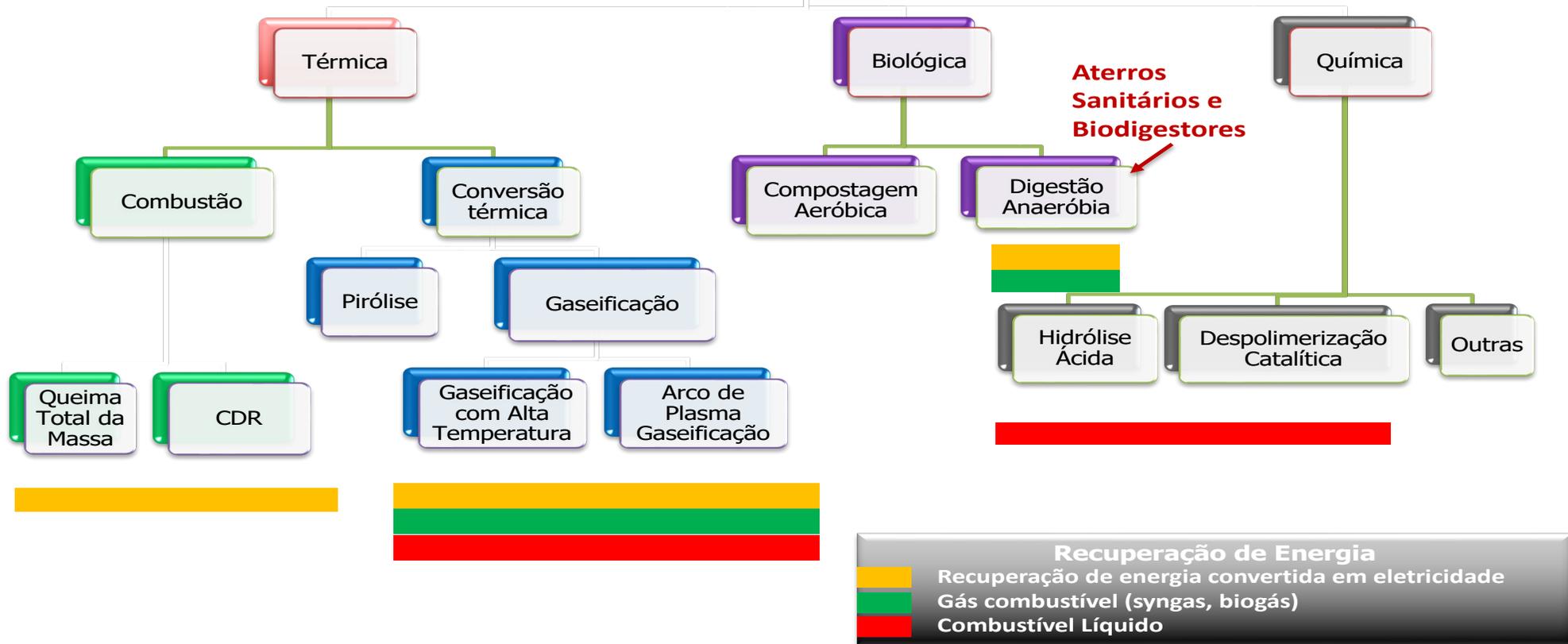
**baixa** complexidade





(Gandolla, 2012)

# Tecnologias para processamento de RSU com recuperação energética





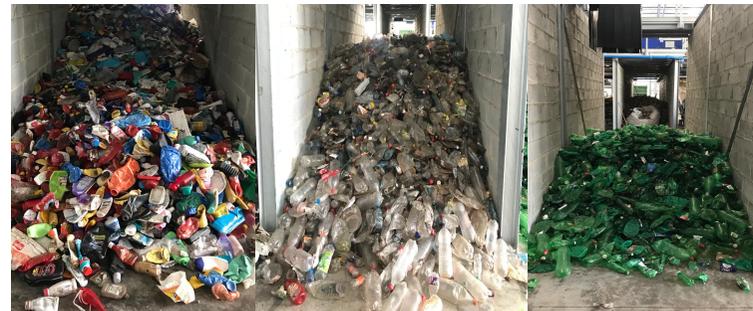
## Aproveitamento dos plásticos na Europa e sua relação com os plásticos na mar





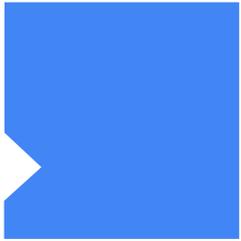
**UNIDADE DE TRIAGEM MECANIZADA  
CTR PE – IGARASSU  
600 toneladas/dia**

**Leitura ótica dos tipos de plásticos**



Plastic sorting

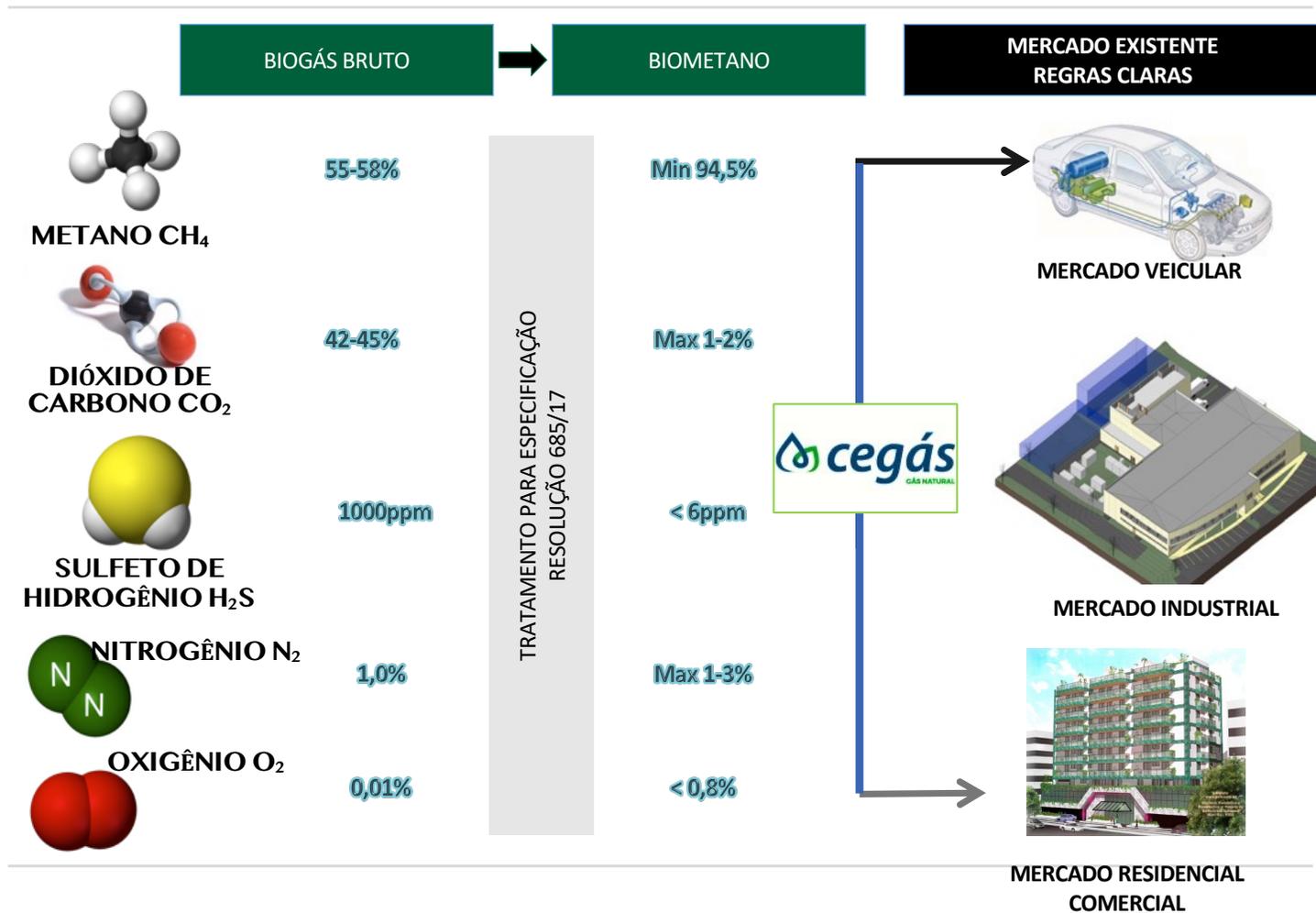


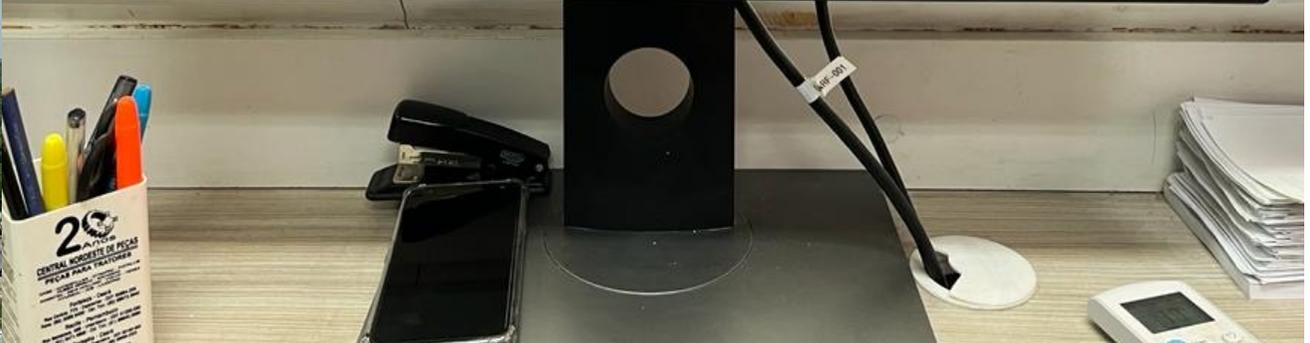
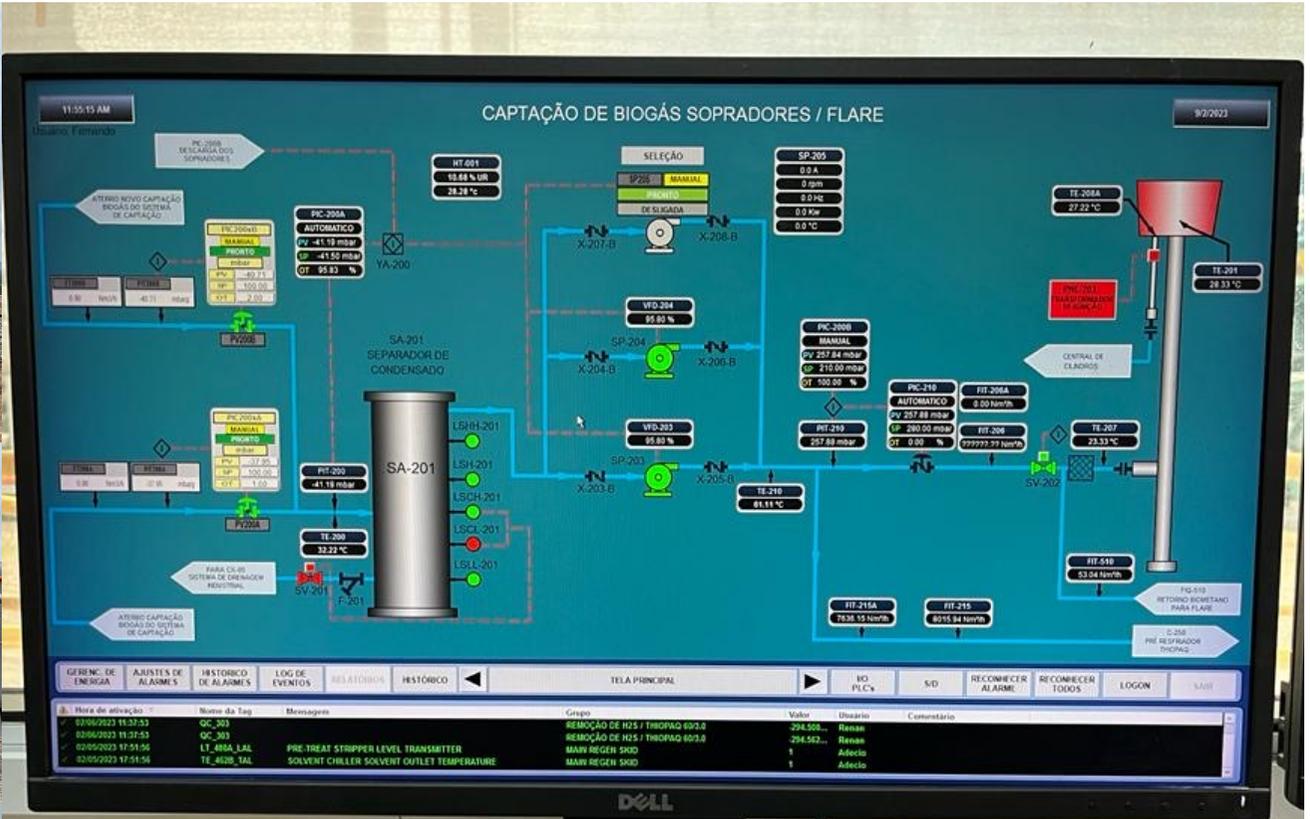


# Biodigestores e Biogás

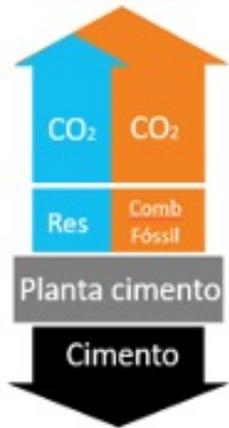


# Aterro de Caucaia – CE: Produção Biometano a partir da purificação do Biogás





# COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUOS CTR-PE/Lafarge

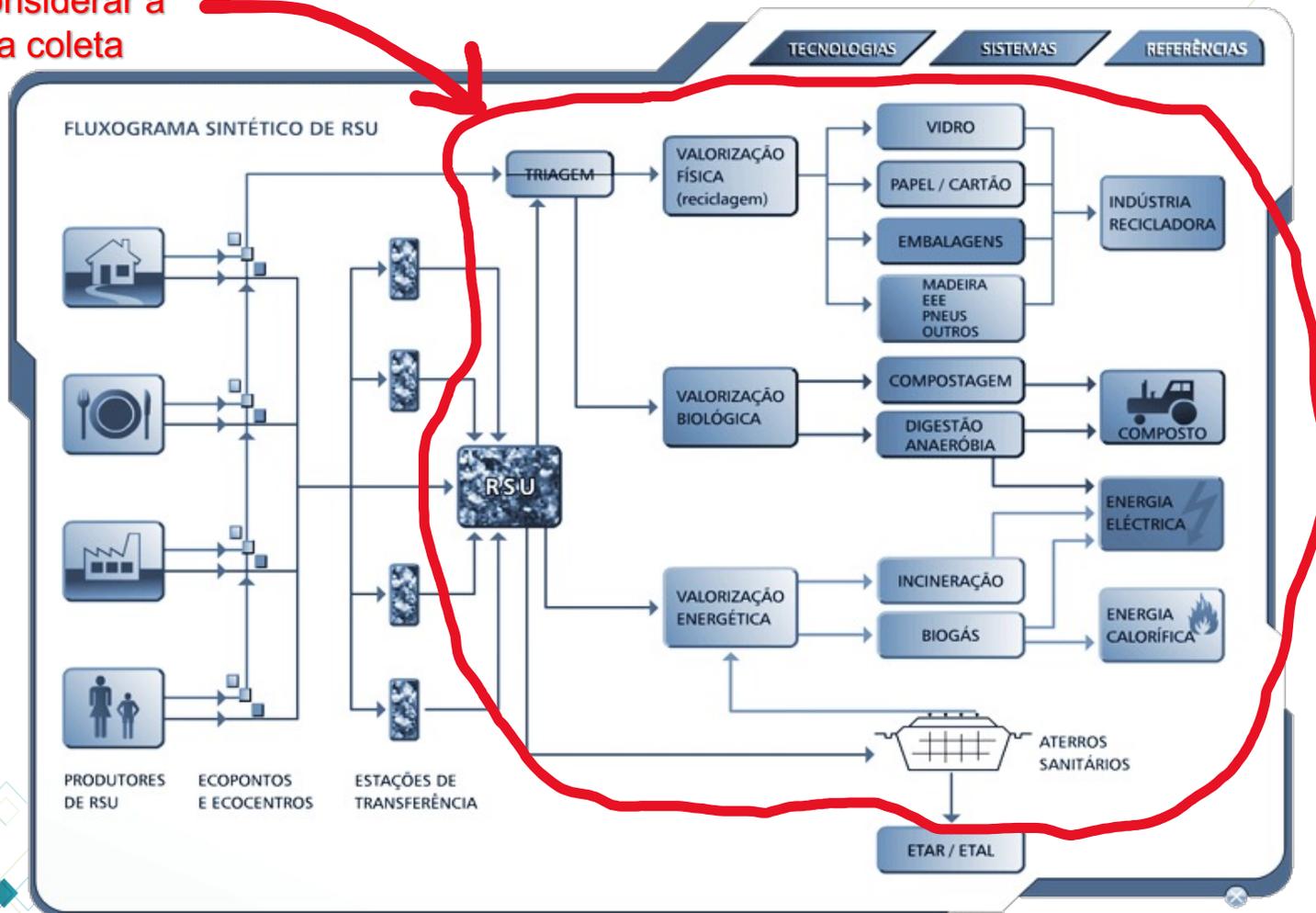




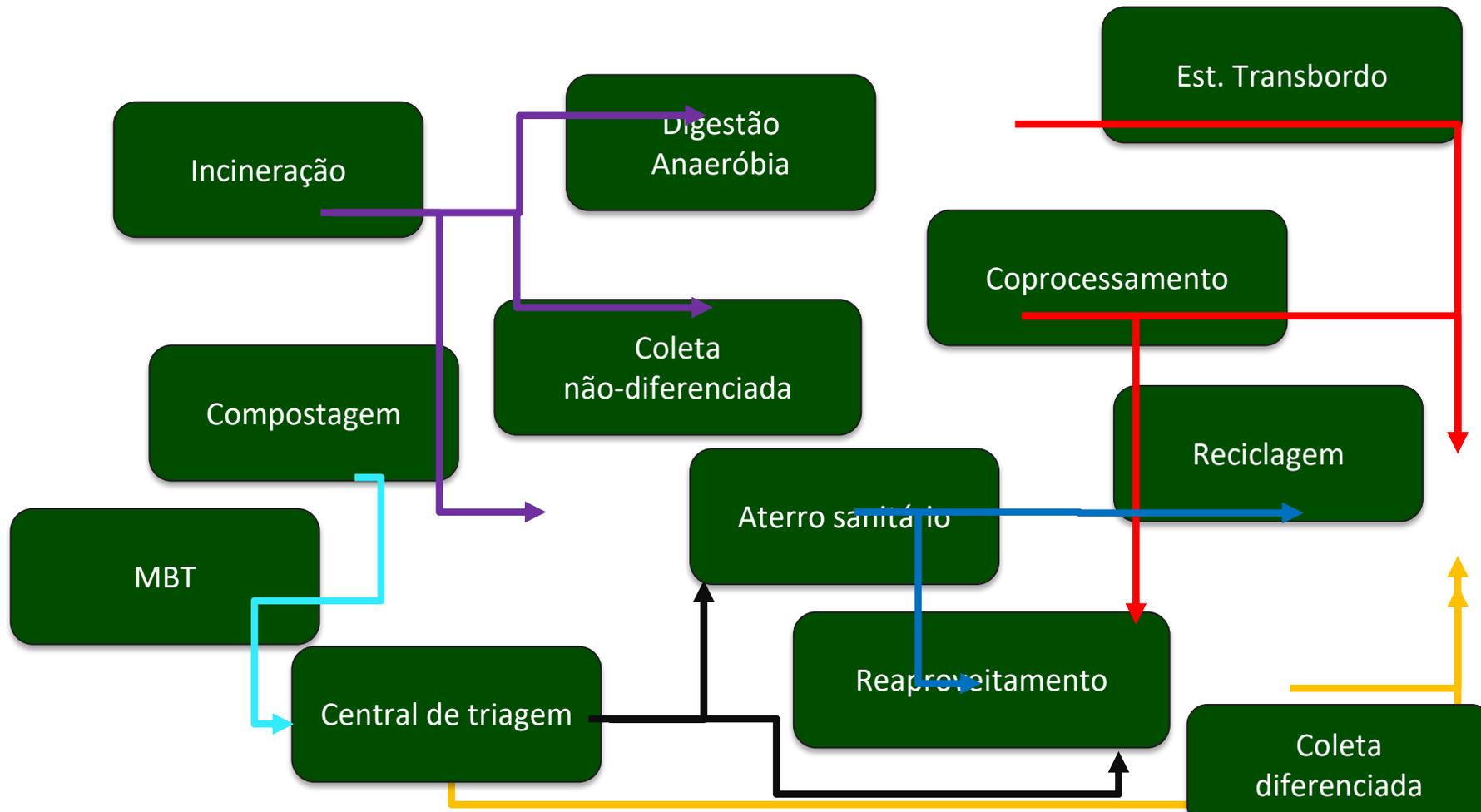
# **Rotas Tecnológicas de Tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos**

# Fluxograma e Valorização dos Resíduos

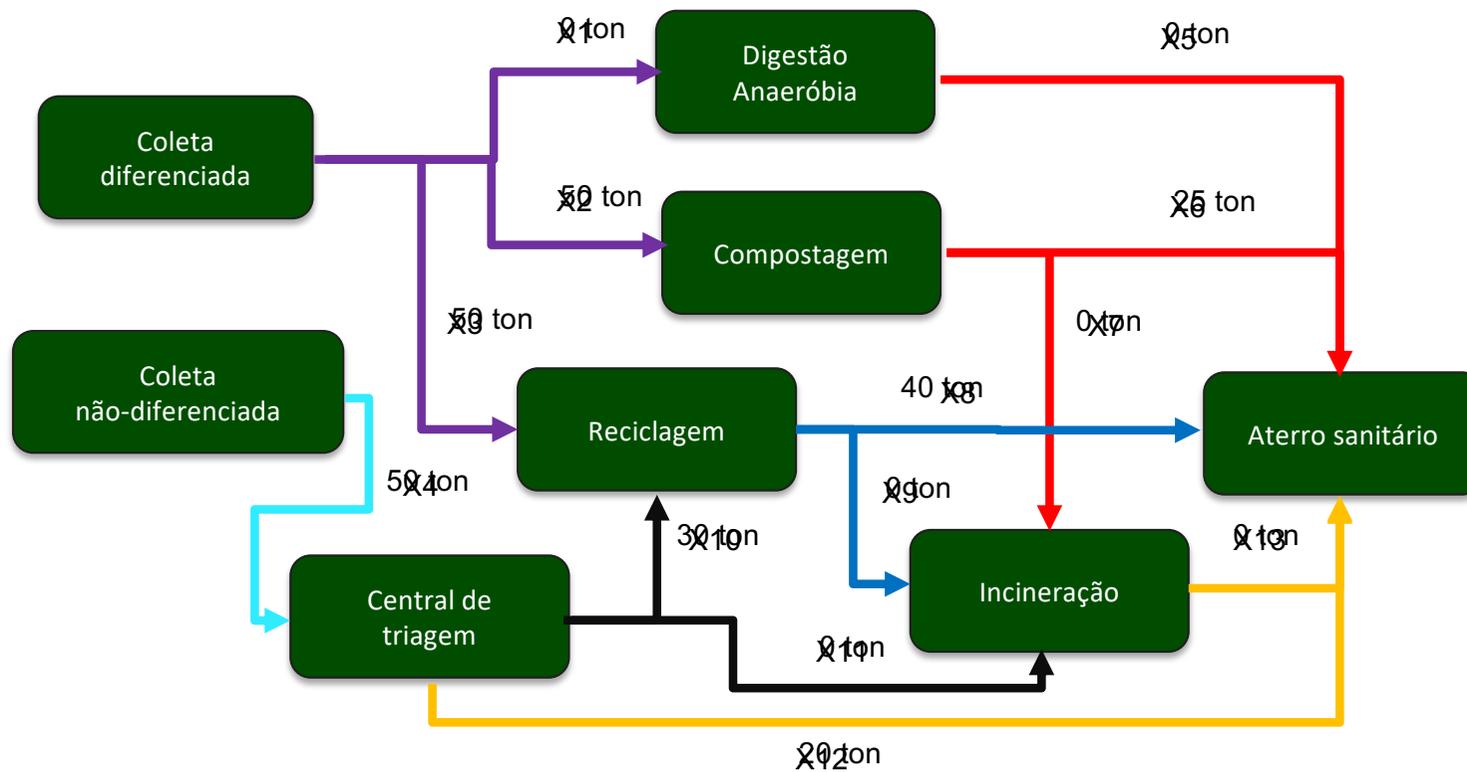
Vamos considerar a partir da coleta



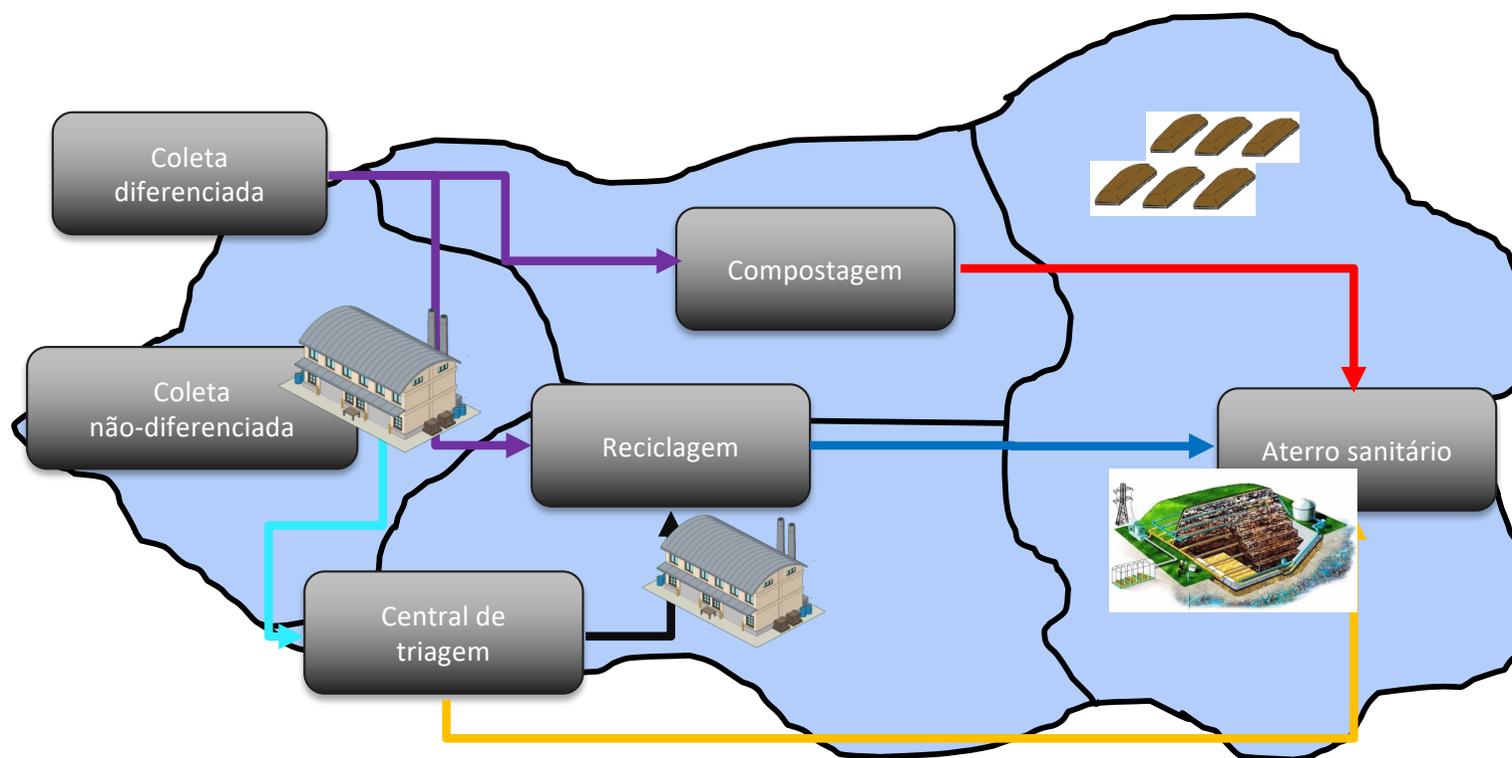
# Alternativas de Tratamento – ROTAS TECNOLÓGICAS



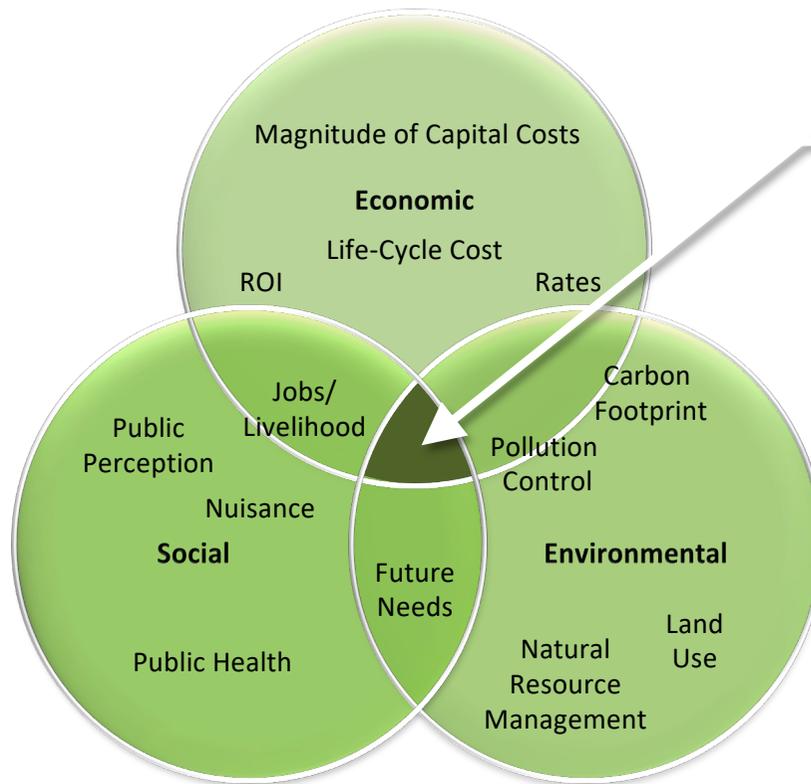
# ROTAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO



## Rotas de tratamento – Distribuição espacial de unidades de tratamento



# Sustentabilidade nas Rotas Tecnológicas: equilíbrio entre os aspectos econômicos, ambientais e sociais



**Sustainability**

**Econômicos – Custos das infraestruturas e operacionais, fontes de ingresso,**

**Ambientais– Emissões de GEE, tecnologias de baixo carbono**

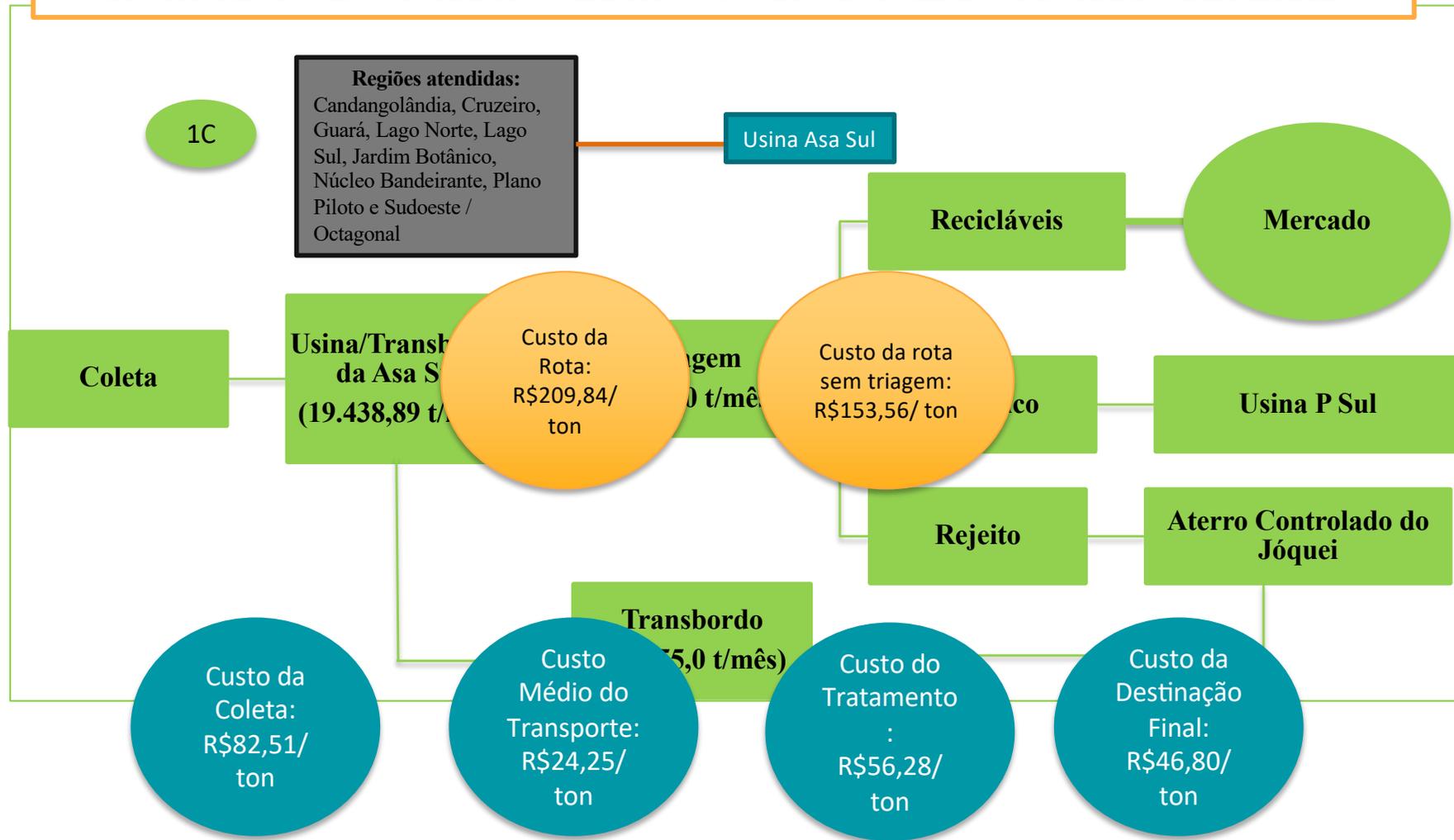
**Sociais – Empregos gerados por rota tecnológica**



**EXEMPLO DO  
DISTRITO FEDERAL - DF**

# ASPECTOS ECONÔMICOS

## ROTA TECNOLÓGICA DA COLETA CONVENCIONAL DO DISTRITO FEDERAL



## ROTA TECNOLÓGICA DA COLETA SELETIVA – DISTRITO FEDERAL

2S

**Regiões atendidas:**  
Brazlândia, Sobradinho I,  
Sobradinho II e Plano  
Piloto (2/3 dos resíduos)

Transbordos de Sobradinho,  
Brazlândia e Asa Norte

Coleta

Transbordo  
Sobradinho  
Brazlândia  
(1.431,16 t/mês)

Custo da rota:  
R\$230,50/  
ton

Coleta  
seletiva

Recicláveis

Mercado

Rejeitos

Aterro do  
Joquei

Custo da  
Coleta:  
R\$186,48/  
ton

Custo do  
Tratamento  
:  
R\$ -

Custo do  
Transporte:  
R\$24,00/  
ton

Custo da  
Destinação  
Final:  
R\$20,02/  
ton



**RESUMO DOS CUSTOS POR ROTA TECNOLÓGICA DA COLETA  
CONVENCIONAL – DISTRITO FEDERAL – valores de 2016**

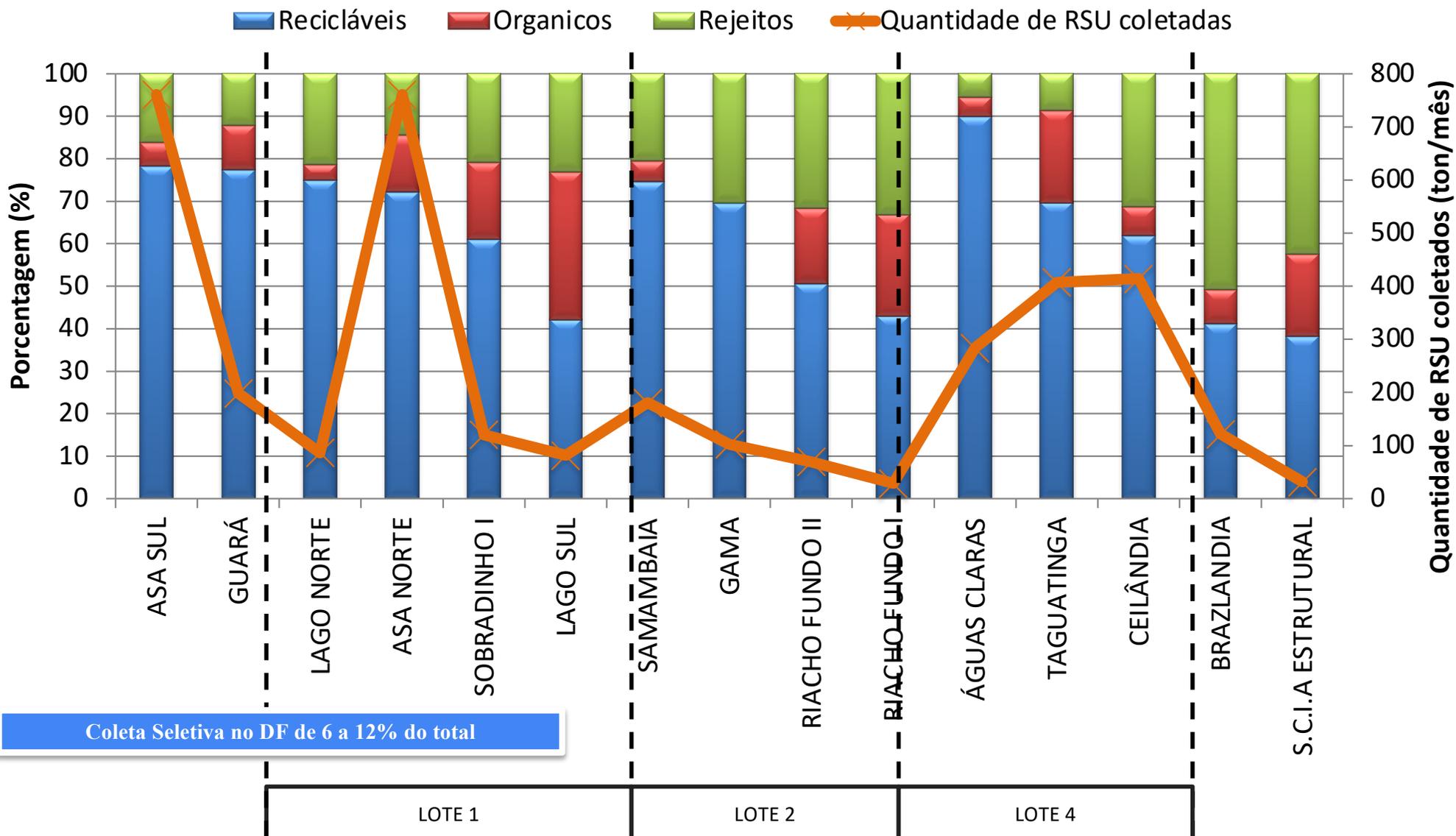
Rota	Regiões Administrativas	População Atendida	Destino do Resíduo	Total de Resíduos (t/mês)	Custo (por tonelada)	Custo Total (R\$/mês)	Custo per capita
<b>1C</b>	Candangolândia, Cruzeiro, Guará, Lago Norte, Lago Sul, Jardim Botânico, Núcleo Bandeirante, Plano Piloto, Sudoeste/Octagonal, Park Way (Exceto Quadras 3, 4 e 5), São Sebastião, SIA e Varjão	721.268	Usina/ Transbordo da Asa Sul	26.102,51	R\$176,46	R\$3.518.003,53	4,88
2C	Ceilândia, Samambaia (1/2 dos resíduos) e Taguatinga	811.626	Usina Psul	18.246,58	R\$181,72	R\$3.052.084,72	3,76
3C	Itapoã, Paranoá, Planaltina, Sobradinho I e II e Fercal	479.063	Transbordo de Sobradinho	8.973,55	R\$134,27	R\$1.204.878,49	2,52
	Brazlândia	53.175	Transbordo de Brazlândia	1.402,14	R\$138,27	R\$193.874,57	3,65
	Gama, Recanto das Emas, Riacho Fundo II, Santa Maria e Samambaia (1/2 dos resíduos)	564.399	Transbordo de Gama	10.368,36	R\$135,87	R\$1.408.749,49	2,50
4C	Park Way (Quadras 3, 4 e 5), Riacho Fundo I, SCIA/Estrutural, Vicente Pires e Águas Claras	285.298	Aterro do Jôquei	5.174,92	R\$106,27	R\$549.939,08	1,93

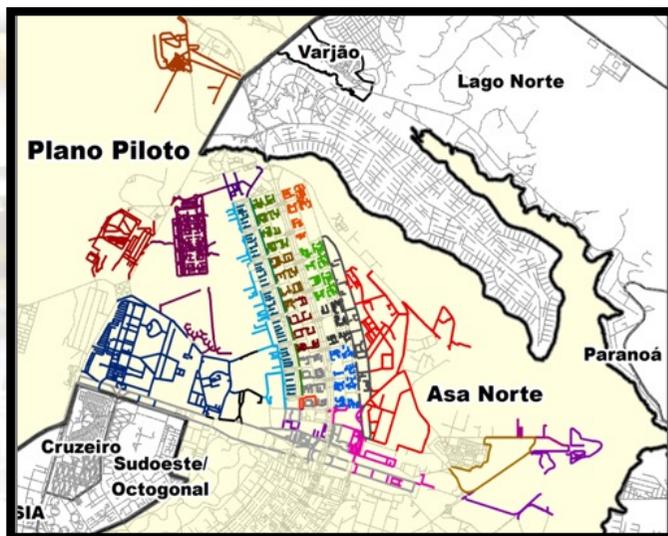
RESUMO DOS CUSTOS POR ROTA TECNOLÓGICA DA COLETA SELETIVA

Rota	Regiões Administrativas	Destino do Resíduo	Total de Resíduos (t/mês)	Custo (por tonelada)	Custo Total (R\$/mês)
1S	Plano Piloto (1/3 dos resíduos), Guará, Cruzeiro, SIA, Sudoeste/Octagonal, Jardim Botânico, Lago Sul, Park Way, Núcleo Bandeirante, Riacho Fundo I, Candangolândia, Águas Claras, Vicente Pires, SCIA/Estrutural, Ceilândia (2/3 dos resíduos) e Taguatinga (2/3 dos resíduos)	Aterro do Jóquei	2.354,66	R\$206,50	R\$486.237,06
2S	Sobradinho I e II	Transbordo de Sobradinho	256,23	R\$234,50	R\$60.086,79
	Plano Piloto (2/3 dos resíduos)	Transbordo da Asa Norte	1.048,98	R\$218,50	R\$229.201,10
	Brazlândia	Transbordo de Brazlândia	125,95	R\$238,50	R\$30.037,96
3S	Lago Norte, Varjão	Cooperativa CRV	178,47	R\$223,22	R\$39.839,03
	Taguatinga (1/3 dos resíduos) e Ceilândia (1/3 dos resíduos)	Cooperativa Recicla Vida	283,19	R\$220,82	R\$62.533,45
	Recanto das Emas, Riacho Fundo II, Samambaia, Gama e Santa Maria	Cooperativas R3 e Recicla	543,80	R\$235,54	R\$128.086,30









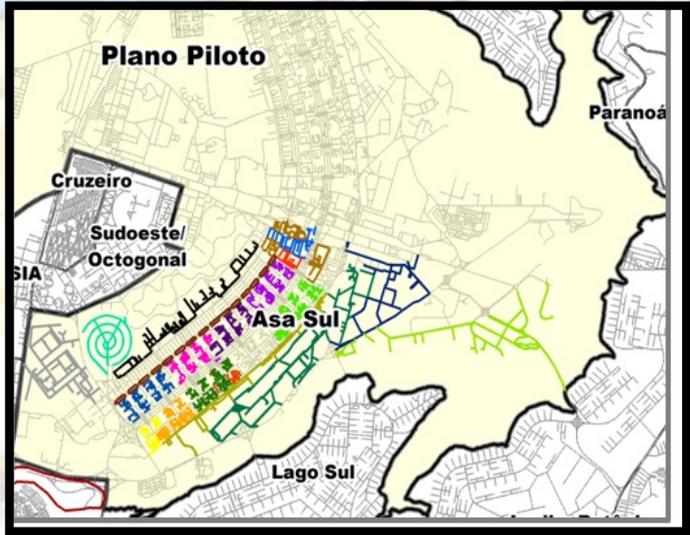
**PLANO PILOTO**

Coleta Convencional	10.165,27 t/mês	86,98%
Coleta Seletiva	1.521,70 t/mês	13,02%
<b>Total</b>	<b>11.686,97 t/mês</b>	<b>100%</b>

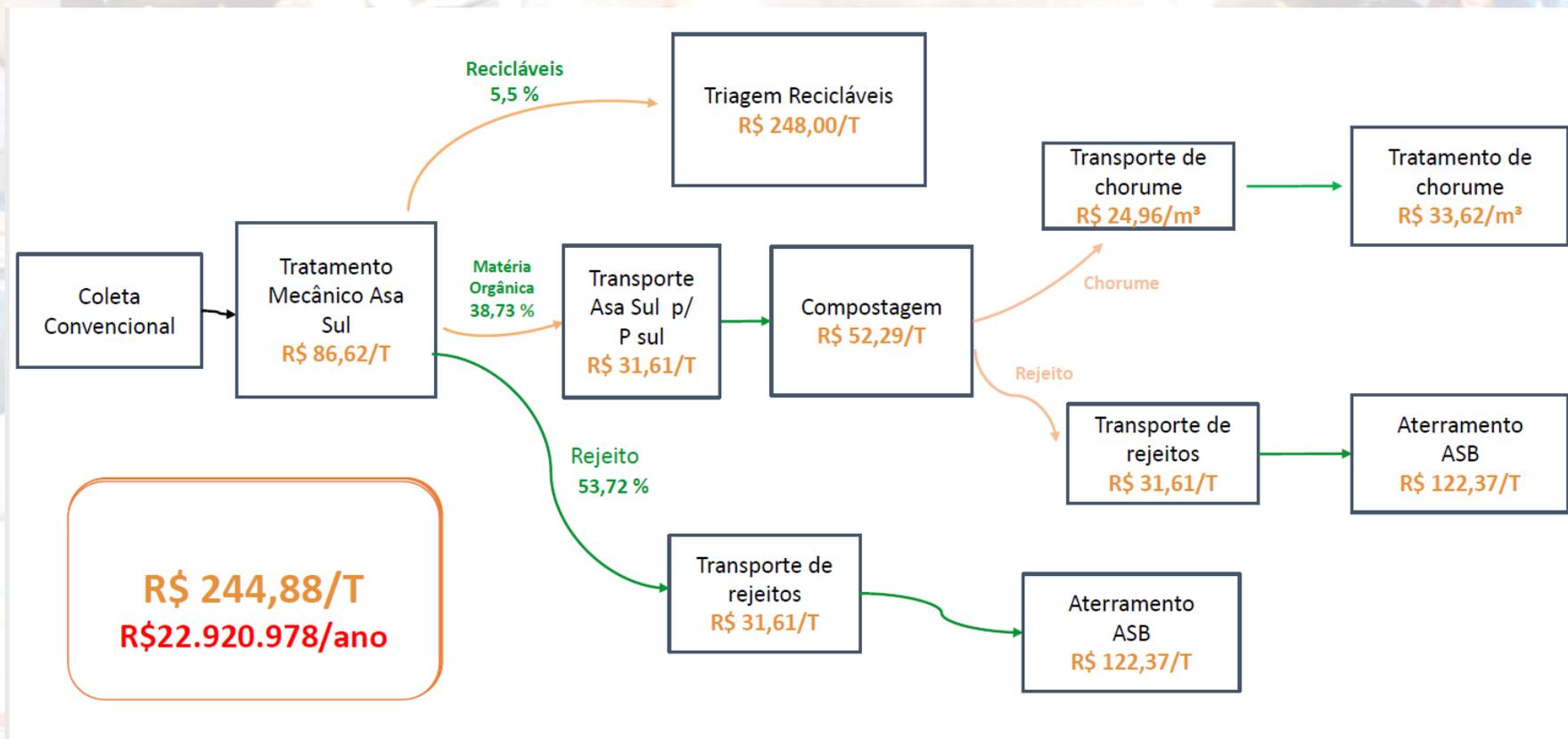
72,28% dos resíduos da coleta seletiva da Asa Norte são recicláveis

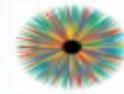
78,31% dos resíduos da coleta seletiva da Asa Sul são recicláveis

Componentes	Quantidade (kg/mês)	Média de Preço / kg	Preço / componente / mês
PET	57.711,63	R\$0,90	R\$51.940,47
Plástico Duro	15.211,52	R\$1,20	R\$18.253,82
Plástico Mole	195.374,28	R\$1,05	R\$205.142,99
Papel	327.524,36	R\$0,30	R\$98.257,31
Papelão	281.173,42	R\$0,25	R\$70.293,36
Vidro	185.068,16	R\$0,03	R\$5.552,04
Alumínio	22.585,59	R\$1,93	R\$43.590,19
Latão	20.092,95	R\$3,35	R\$67.311,37
Isopor	22.702,77	R\$0,60	R\$13.621,66
Vestuário	18.319,33	R\$0,80	R\$14.655,47
<b>Total</b>	<b>1.145.764,02</b>		<b>R\$588.618,68</b>



## Alternativas de Rota para UTM Asa Sul, (SLU, 2021)





Museu do Amanhã



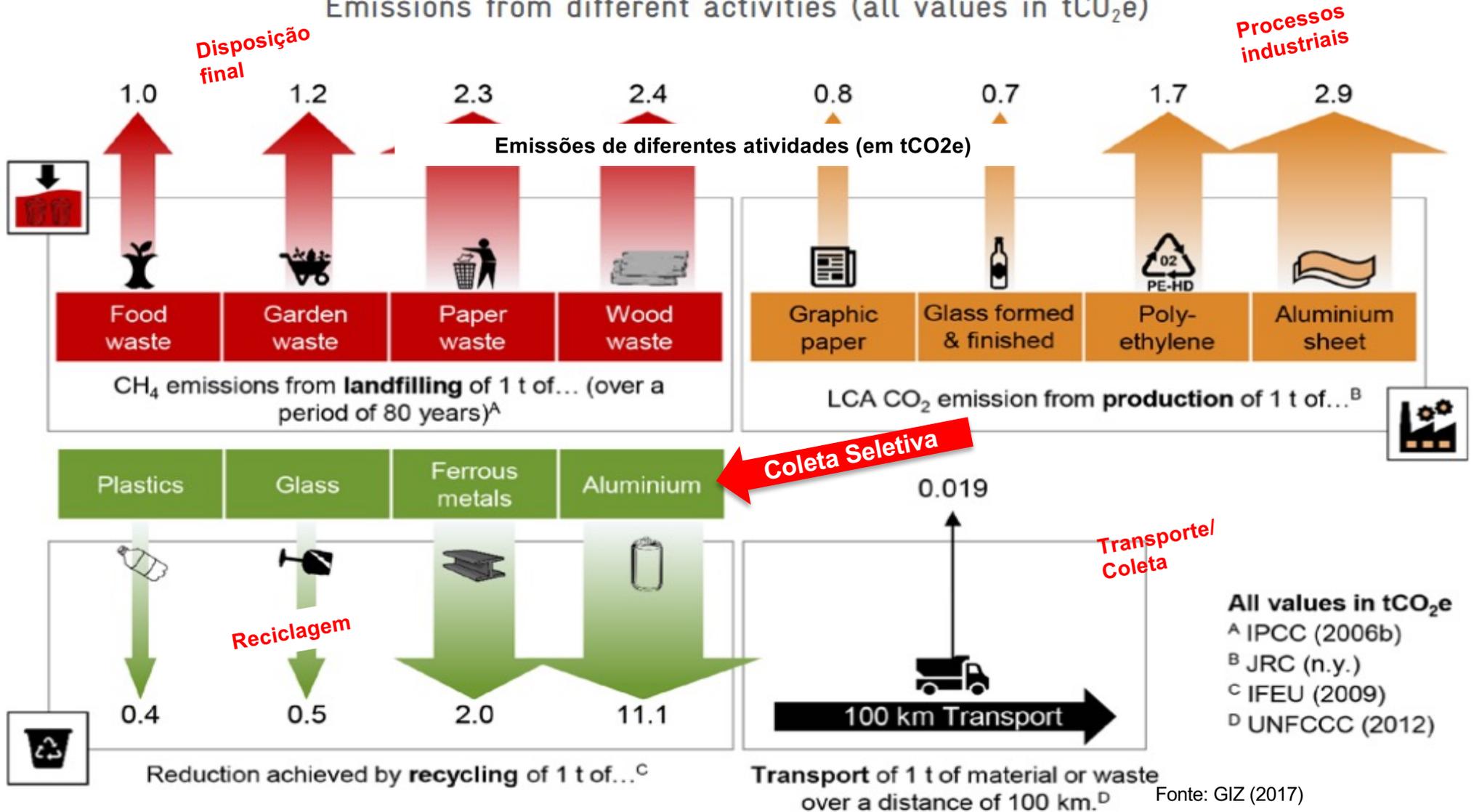
## Aspectos Ambientais:

Emissões de gases de efeito estufa GEE  
por rotas tecnológicas de tratamento

Tecnologias de Baixo Carbono

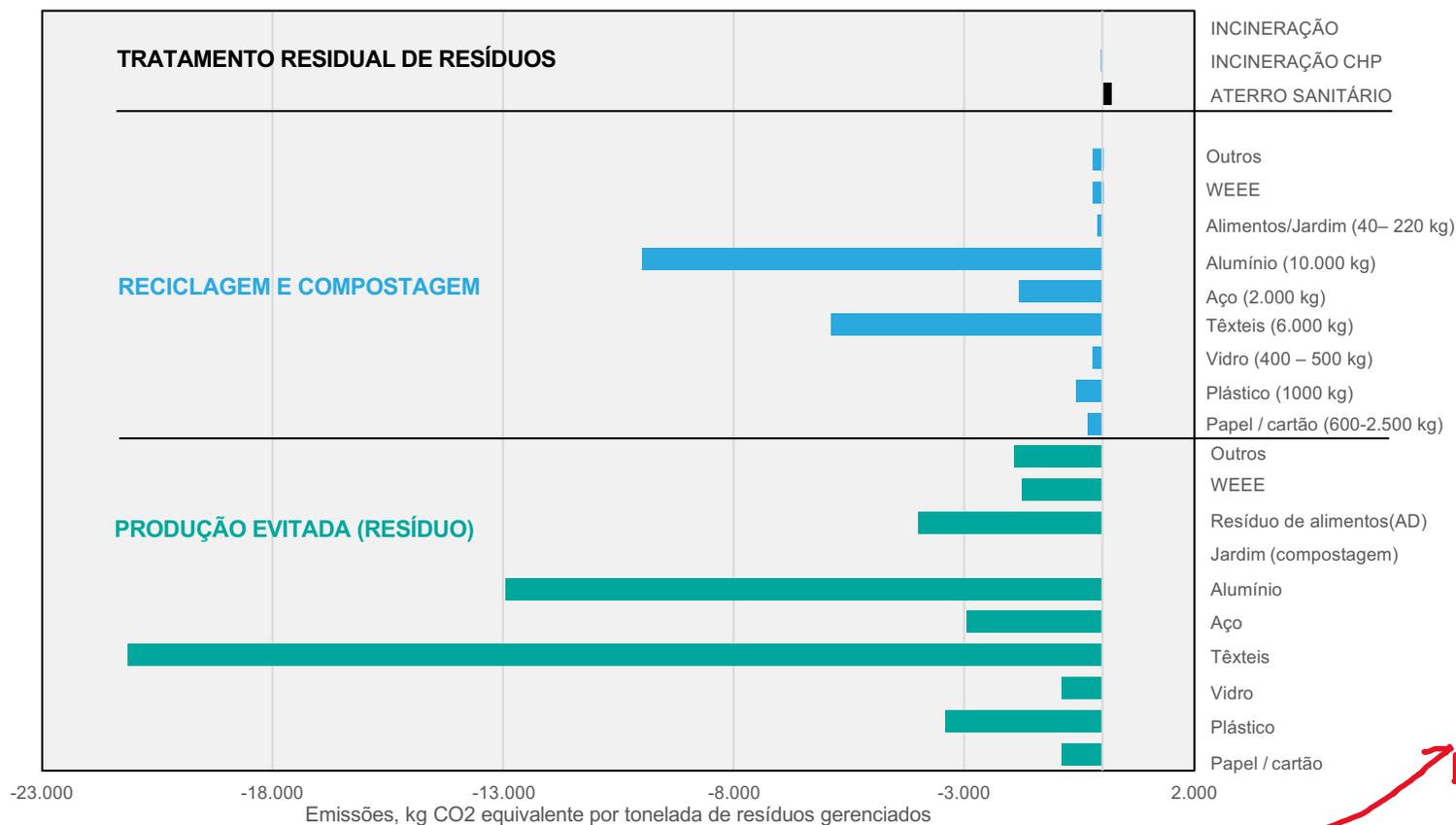


# Emissions from different activities (all values in tCO<sub>2</sub>e)



# Impacto das atividades de manejo dos resíduos na emissão de gases de efeito estufa

(Carbon Impacts of Waste Management Report, Zero Waste Europa 2018; Mota, R. (2018); Jucá, Russo, Luciena, Mariano e Firmo, 2018)



Material	Composição gravimétrica		Fator de emissões (IPCC 2006) (gC/g de resíduo)
	Coleta convencional	Coleta seletiva	
<b>Orgânicos</b>	36,70%	13,03%	0,45
<b>Rejeito</b>	34,76%	23,94%	0,13
<b>Recicláveis</b>			
<b>Plástico</b>	12,07%	15,24%	0,11
<b>vidro</b>	2,00%	6,25%	0,33
<b>Metal</b>	1,51%	3,42%	0,29
<b>papel</b>	2,27%	32,10%	0,17
<b>outros</b>	4,72%	6,03%	0,13

Gestão do biogás em Aterros Sanitários (Jucá et al, 2018)	Expectativa de redução GEE
Aterros sanitários convencionais com queima individual em flare	25%
Aterros sanitários com queima centralizada, com extração forçada	50%
Aterros sanitários com captação do gás para fins energéticos (energia elétrica e biocombustíveis)	75%
Aterros sustentáveis energéticos.	90%

## Mitigação de GEE por meio da reciclagem

Material	Mitigação de CO <sub>2</sub> -eq em kg por tonelada de resíduos reciclados
Paper / Cardboard	600 – 2,500
Glass	400 - 500
Plastics	0 - 1,000
Ferrous metals	2,000
Aluminium	10,000
Biowaste	40 - 220

---

<b>Combustível</b>	<b>Intensidade de Carbono (CO<sub>2eq</sub>/MJ)</b>
Diesel	86,5
Gasolina	87,4
Biometano de Biogás de Aterro Sanitário	7,44
Biometano de Torta de Filtro	4,84
Biometano de Vinhaça	4,01
Biometano de Dejetos Suínos	3,95
Biometano de Dejetos Bovinos	3,96

---

## Taxa de Emissão (Kg CO<sub>2</sub>) por Combustível – Estimativa 100 KM

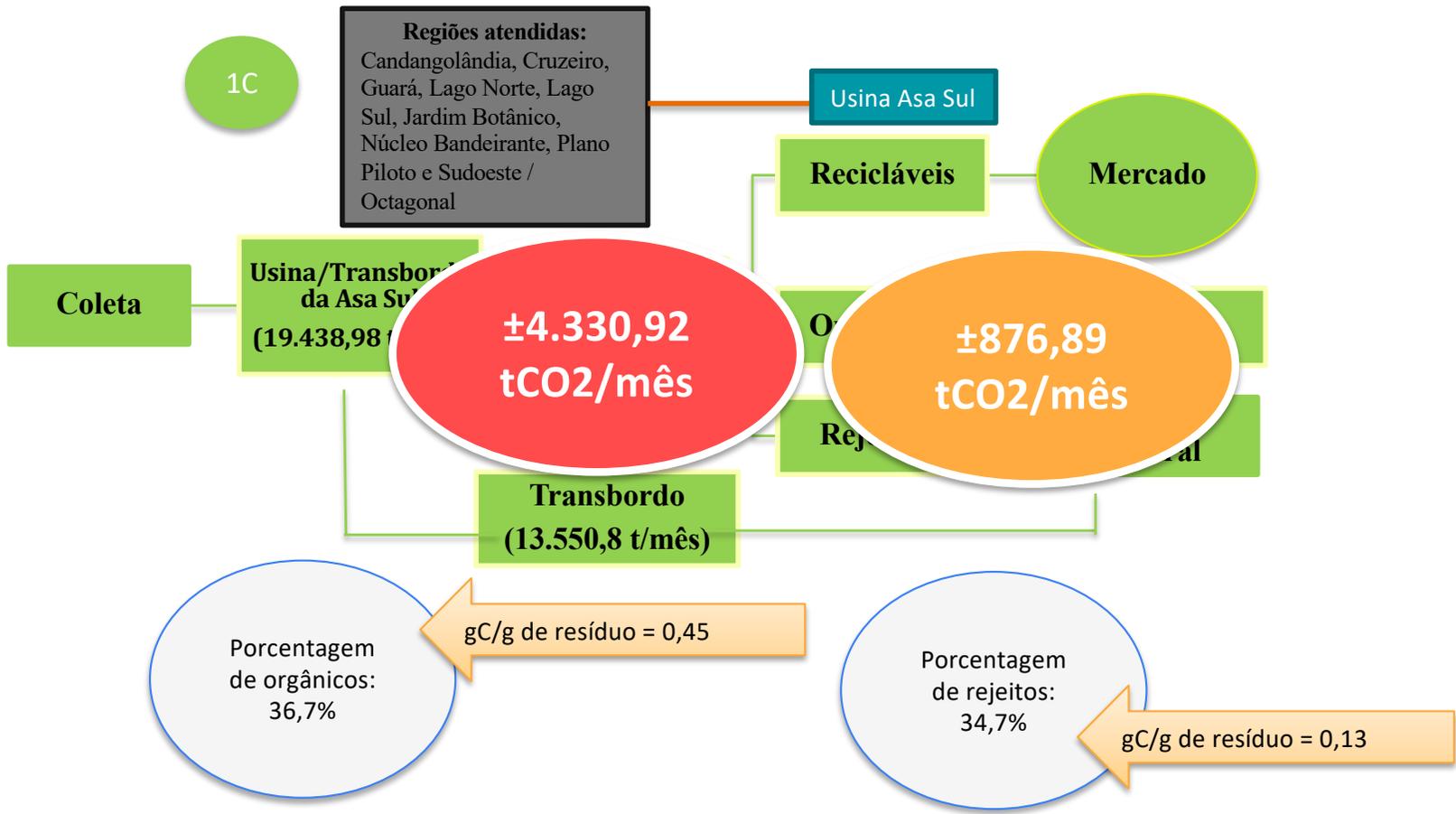


Combustível	Combust. (IPCC)	Unid.	CO <sub>2e</sub> (kg/un)	tCO <sub>2e</sub> /MWh
Gasolina automotiva	Motor Gasoline	Litros	2,24	0,25
Óleo Diesel (puro)	Diesel Oil	Litros	2,63	0,27
Biodiesel (B100)	Biodesels	Litros	2,46	0,22
Etanol Hidratado	Other Liquid Biofuel	Litros	1,51	0,22
Gas Natural (GNV)	Natural Gas	m <sup>3</sup>	2,00	0,20

Diesel e outros combustíveis	Redução na Taxa de Emissão
Diesel x Gasolina automotiva	14,83%
Diesel x Biodiesel (B100)	6,43%
Diesel x Etanol Hidratado	42,53%
Diesel x Gás Natural (GNV)	23,96%
Diesel x 100% elétrico (BEV) com energia brasileira	33,10%

Estimativa em ordem crescente de Emissão por Combustível (100 km)	ECO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2e</sub> )
Diesel	964,33
Gasolina automotiva (pura)	821,33
Biodiesel (B100)	902,00
Gás Natural (GNV)	733,33
100% elétrico (BEV) energia brasileira	645,00
Etanol Hidratado	533,66

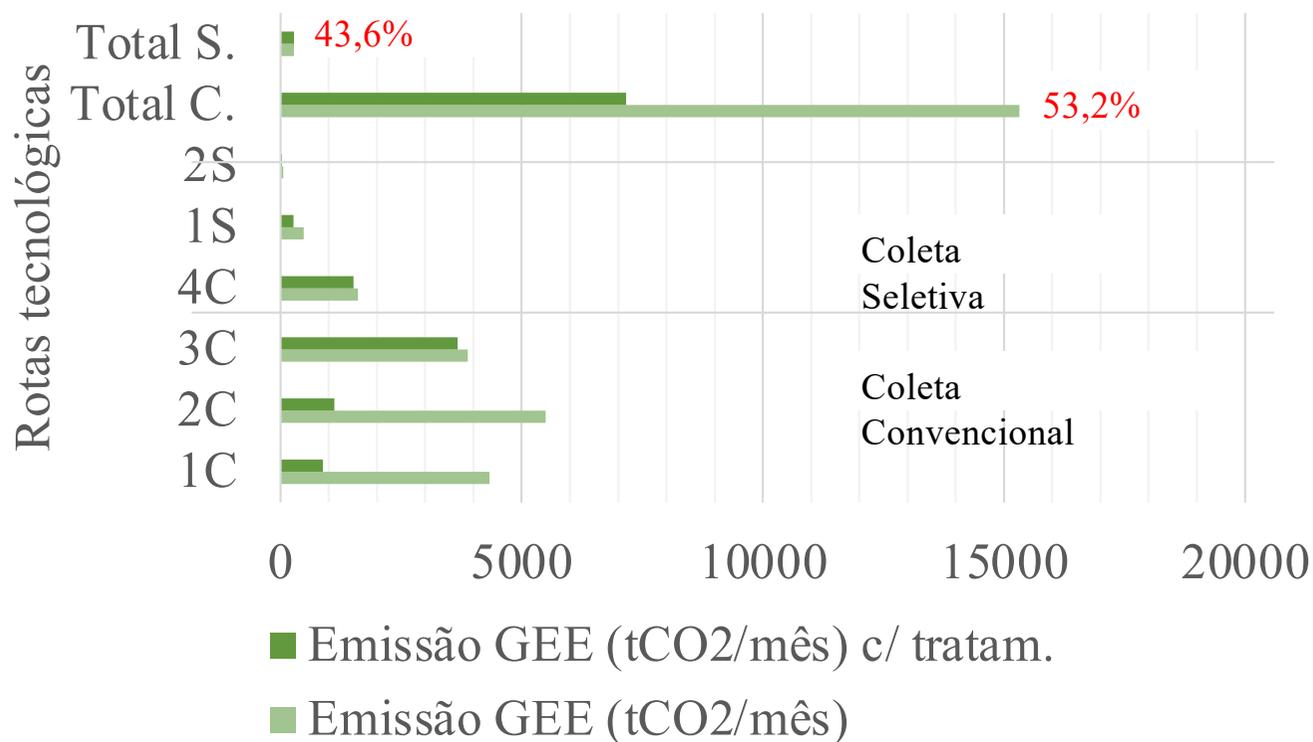
# ROTA TECNOLÓGICA DA COLETA CONVENCIONAL – ESTIMATIVA DE EMISSÕES



*4.330,92 tCO<sub>2</sub>/mês se não houvesse tratamento*

## ESTIMATIVA DE EMISSÕES

As rotas 1C e 2C são as principais responsáveis por essa redução, por **incluir usinas de tratamento** em suas rotas tecnológicas



## Taxa de desemprego por estado

### Desemprego

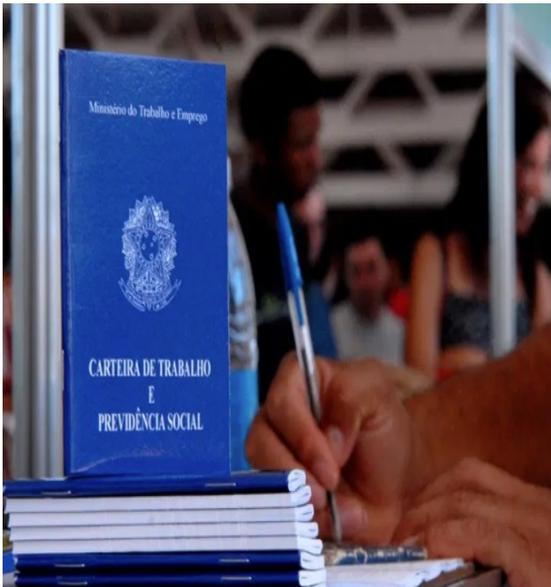
**Desempregados**  
(desocupados)  
**8,1 milhões**  
4º trimestre 2023

**Taxa de desemprego**  
(desocupação)  
**7,4%**  
4º trimestre 2023

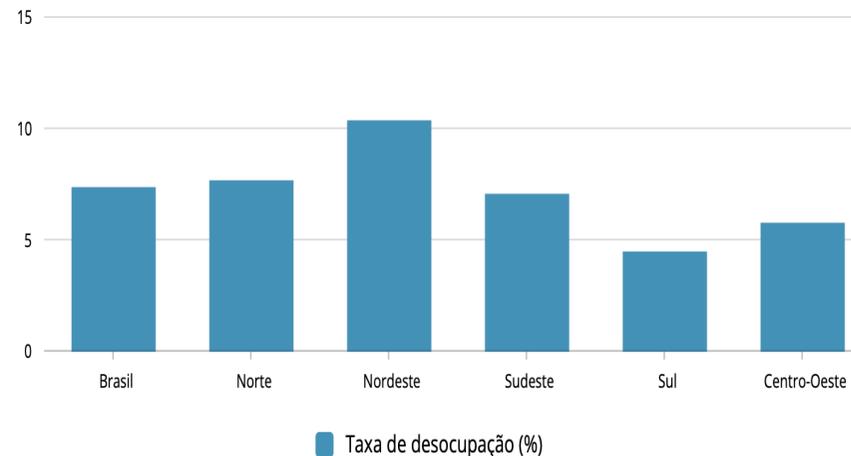
**Desalentados**  
**3,5 milhões**  
4º trimestre 2023

**Taxa de subutilização**  
**17,3%**  
4º trimestre 2023

- Bahia: 15,5%
- Pernambuco: 13,6%
- Sergipe: 12,7%
- Rio de Janeiro: 12,6%
- Paraíba: 12,2%
- Rio Grande do Norte: 12%
- Acre: 11,9%
- Distrito Federal: 11,5%
- Amapá: 11,4%
- Alagoas: 11,1%
- Maranhão: 10,8%
- Ceará: 10,4%
- Amazonas: 10,4%
- Piauí: 9,4%
- São Paulo: 9,2%
- Pará: 9,1%
- Espírito Santo: 8%
- Minas Gerais: 7,2%
- Goiás: 6,8%
- Rio Grande do Sul: 6,3%
- Roraima: 6,2%
- Paraná: 6,1%
- Rondônia: 5,8%
- Tocantins: 5,5%
- Mato Grosso do Sul: 5,2%
- Mato Grosso: 4,4%
- Santa Catarina: 3,9%



Taxa de Desocupação no Brasil e nas Grandes Regiões, 4º trimestre 2023



**Den Boer et al. (2005):**

triagem semi-mecanizada - 35 empregos/10.000 t/ano;  
 triagem mecanizada - 6 empregos/10.000 t/ano;  
 compostagem - 5 empregos/10.000 t/ano;  
 digestão anaeróbia – 3,5 empregos/10.000 t/ano;  
 incineração - 1 empregos/10.000 t/ano.  
 estação de transferência – 0,5 empregos/10.000 t/ano.

TRATAMENTO MECÂNICO BIOLÓGICO (TMB) - 200.000 t/ano (M.A.T.Russo, 2016)		
Recursos Humanos	Empregos	Empregos/10.000 t/ano
Pessoal total	139	7
Segregadores	100	5
Ajudantes	12	0,6
Maquinistas	10	0,5
Mecânicos	4	0,2
Administrativos	6	0,3
Encarregado de turno	1	0,05
Diretor	1	0,05

**DMLU Porto Alegre (Reichert, G.A. 2013 modificado)**

## Coletas de RSU:

Convencional 1,49 empregos/1.000 t  
 Porta-a-Porta 4,14 empregos/1.000 t  
 Containerizada 0,53 empregos/1.000t  
 Triagem manual 232 empregos/10.000 t/ano  
 Aterro Sanitário 1 emprego/10.000 t/ano

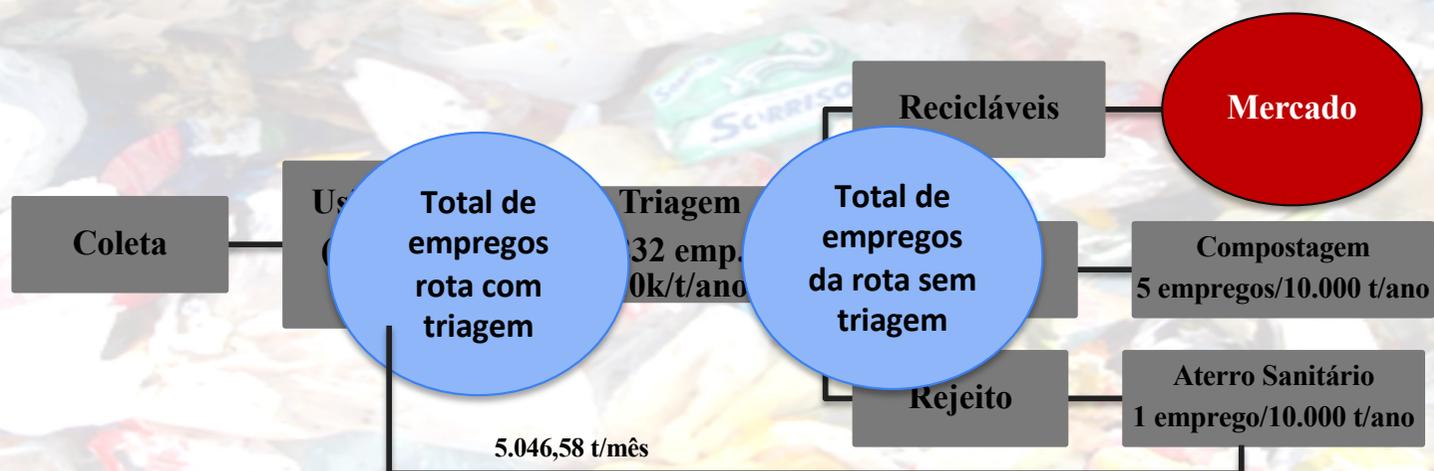
**Figura 6: Geração de emprego com a recuperação de resíduos sólidos nos EEUU**

Tipo de operação	Nº de empregos por 10.000 ton recuperados por ano
Reúso de produtos	
Reúso de computadores	296
Reintroducao de texteis usados	85
Reúso de diversos produtos duraveis	62
Recuperacao de madeira	28
<b>Empresas baseadas em reciclagem</b>	<b>25</b>
Papel reciclagem	18
Industria de vidro	26
Industria de plásticos	93
<b>Centros de triagem para reciclagem</b>	<b>10</b>
Compostagem	4
<b>TOTAL</b>	<b>647</b>
Incineração	1
Aterramento	1

Fonte: Institute for Local Self-Reliance, 1997, citado em: Tangri, N. (2003), Waste incineration: a dying technology. Berkeley: GAIA.

TECNOLOGIA	PAÍS/ ESPECIFICAÇÃO	CUSTO ANUAL COM MÃO DE OBRA	NÚMERO DE EMPREGADOS
INCINERAÇÃO	Alemanha: planta para 200.000 t/ano na	€ 35.790/pessoa	25 pessoas
	Itália: planta para 20.000 t/ano na	€ 30.000/pessoa	12 pessoas
COLETA DE RSU	Finlândia	€ 30.240/pessoa	
	França	€ 22.900 a 27.500/pessoa	
	Itália	€ 29.696/pessoa	
	Suécia (2x ao dia semanalmente na zona urbana)	€ 37.500/pessoa	
	Reino Unido	€ 27.200/pessoa	
RECICLAGEM	Finlândia	€ 30.240/pessoa	
	Reino Unido	€ 27.200/pessoa	
ATERRO SANITÁRIO	Alemanha: capacidade: 300.000 t/a	€ 35.800/pessoa	

**ROTA TECNOLÓGICA DA COLETA CONVENCIONAL DO DISTRITO FEDERAL  
GERAÇÃO DE EMPREGOS**



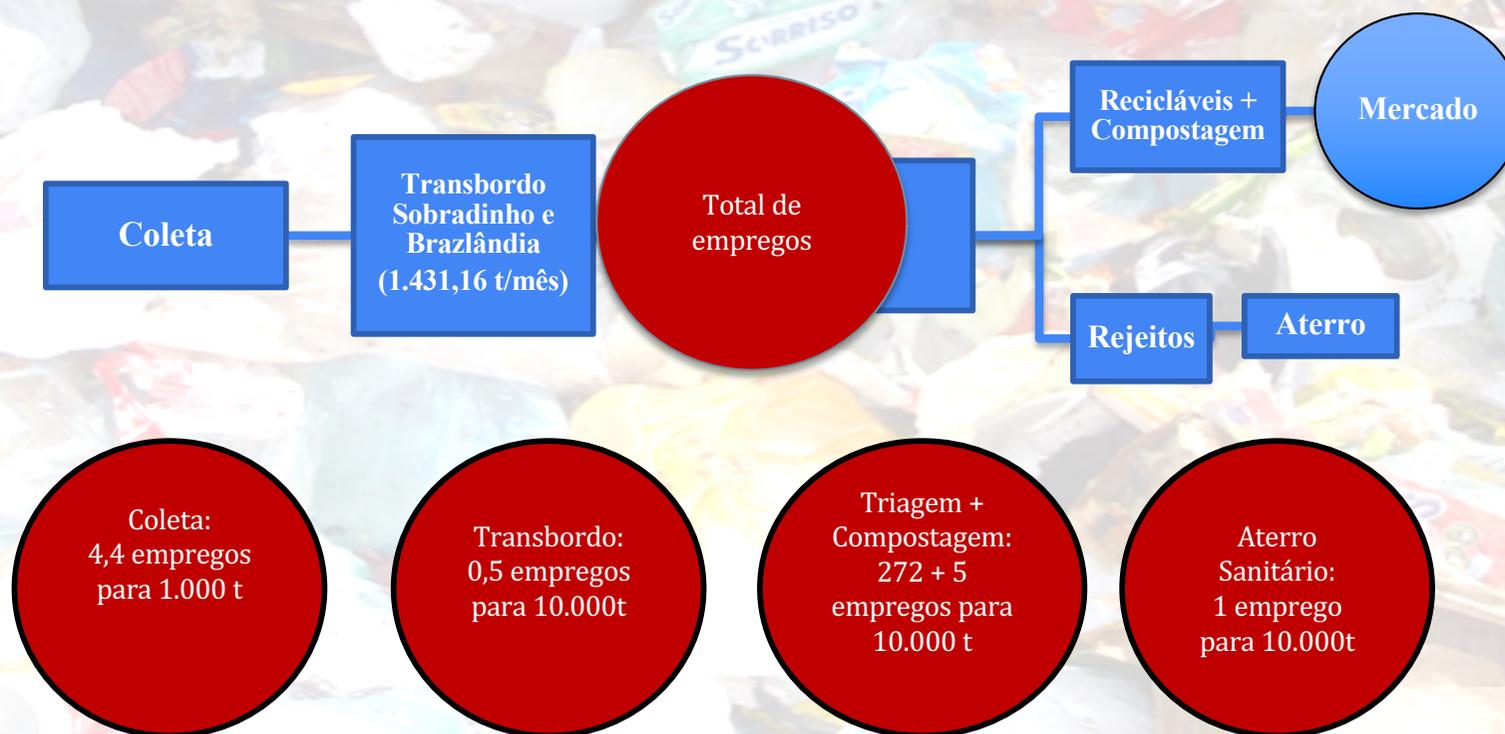
Coleta:  
1,49  
empregos  
para 1.000 t

Triagem:  
272  
empregos  
para 10.000 t

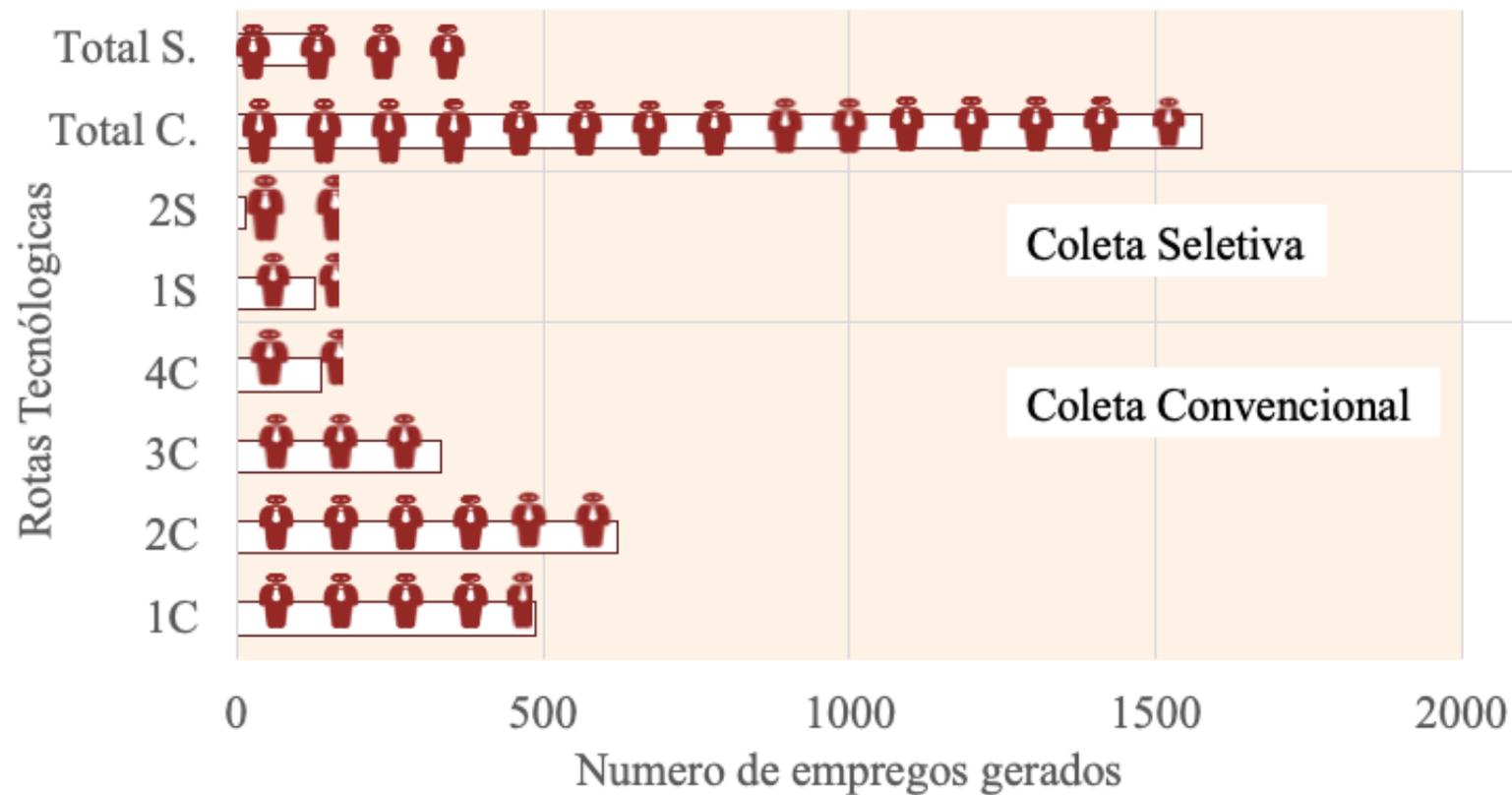
Transporte:  
0,5  
empregos  
para 10.000 t

Aterro  
Sanitário:  
1 emprego  
para 10.000 t

## ROTA TECNOLÓGICA DA **COLETA SELETIVA** DISTRITO FEDERAL GERAÇÃO DE EMPREGOS



## ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EMPREGO PARA TRIAGEM E COMPOSTAGEM



## A Ferramenta Rotas e Custos

- Foi desenvolvida no âmbito do ProteGEEr
- Está concebida em Planilha Microsoft Excel
  - primeira parte consiste da definição da rota e balanço de massa
  - segunda parte faz estimativa dos custos associados e cálculo da tarifa correspondente
  - 21 abas (ou planilhas ao total) mas a entrada de dados se dá em somente 4 delas
  - principais saídas ou produtos que a Ferramenta entrega:
    - figura fluxo de massa da rota avaliada
    - capacidades operacionais totais das unidades utilizadas
    - quantitativos dos subprodutos por rota
    - análise de custos (Capex, Opex e Tarifa)
    - consolidação da dados saída Rotas para entrada de GEE

## Ambientais

- Mudanças climáticas (GEE)
- Toxicidade humana
- Formação de foto-oxidantes
- Acidificação
- Eutrofização
- % disposição final recicláveis secos
- % disposição final recicláveis orgânicos

## Sociais

- Odor
- Impacto visual
- Uso espaço urbano
- Uso espaço privado
- Complexidade
- Quantidade de empregos gerados
- Qualidade dos empregos gerados
- Taxa de reciclagem

## Econômicos

- Custo por tonelada, por domicílio e por pessoa
- Custo do SGMIRS como porcentagem do orçamento total do município
- Custo por pessoa como porcentagem do valor do salário mínimo
- Relação entre receitas e despesas do SGMIRS



## Exemplo de entrada de dados

### Aba 'R-Definição'

#### Dados:

- Tipos de triagem
  - tipos, eficiências, destino dos materiais
- Produção de CDR
  - CDR de TM e de TMB

#### Triagem e definição do destino dos materiais e rejeitos

Triagem dos seletivos	
massa disponível (t/d)	450,00
triagem manual (%)	10,0
triagem mecanizada (%)	90,0

manual de seletivos	Sim
massa (t/d)	45,00
destino dos rejeitos	CDR

mecanizada de seletivos	Sim
massa (t/d)	405,00
destino dos rejeitos	CDR

Triagem dos resíduos da coleta de mistos	
mecanizada de mistos	Sim
massa disponível (t/d)	2.400,00
porcentagem a ser triada (%)	60,0
massa a ser triada (t/d)	1.440,00
destino dos rejeitos	Incineração
destino dos orgânicos	Tratam. biológico

Eficiência nas triagens	
manual de seletivos	Baixa
mecanizada de seletivos	Baixa
mecanizada de mistos secos	Baixa
mecanizada de mistos orgânicos	Baixa

Subprodutos e rejeitos separados da triagem (t/d)				
	Total	Seletiva manual	Seletiva mecanizada	Mistos mecanizada
papel e papelão	185,83	11,09	99,79	74,95
plástico filme	126,25	7,53	67,80	50,92
plástico rígido	65,25	3,89	35,04	26,32
vidros	34,05	2,03	18,28	13,73
metais ferrosos	32,63	1,95	17,52	13,16
metais não ferrosos	8,51	0,51	4,57	3,43
<b>Total de recicláveis</b>	<b>452,52</b>	<b>27,00</b>	<b>243,00</b>	<b>182,52</b>

orgânicos triados	709,92	Alimentos	668,48
orgânicos seletivos	150,00	Verdes	41,44
rejeitos combustíveis	604,74		
rejeitos não combust.	122,82		

#### Rejeitos e mistos disponíveis após as etapas de triagem (t/d) — no fluxo de rejeitos mistos

	Orgânicos		Papel e papelão	Plástico		Vidros	Metais		Rejeitos/mistos		Total
	Alimentos	Verdes		Filme	Rígido		Ferrosos	Não ferrosos	Combustíveis	Não combustíveis	
rejeitos — triagem de mistos	117,97	7,31	49,97	33,95	17,55	9,15	8,77	2,29	216,00	84,60	547,56
mistos não triados	524,30	32,50	83,28	56,58	29,24	15,26	14,62	3,81	144,00	56,40	960,00

#### Produção de CDR

Resíduos disponíveis para CDR	
rejeitos combustíveis seletivos (man.) (t/d)	16,20
rejeitos combustíveis seletivos (mecan.) (t/d)	145,80
rejeitos combustíveis triag. mecan. mistos (t/d)	0,00
biossecagem — orgânicos de mistos (t/d)	0,00

massa disponível (t/d)	162,00
------------------------	--------

produção de CDR TM (t/d)	162,00
produção de CDR TMB (t/d)	0,00

% CDR fino produzido	0,0
% CDR grosso produzido	100,0

CDR produzido (t/d)	
CDR fino	0,00
CDR grosso	137,70

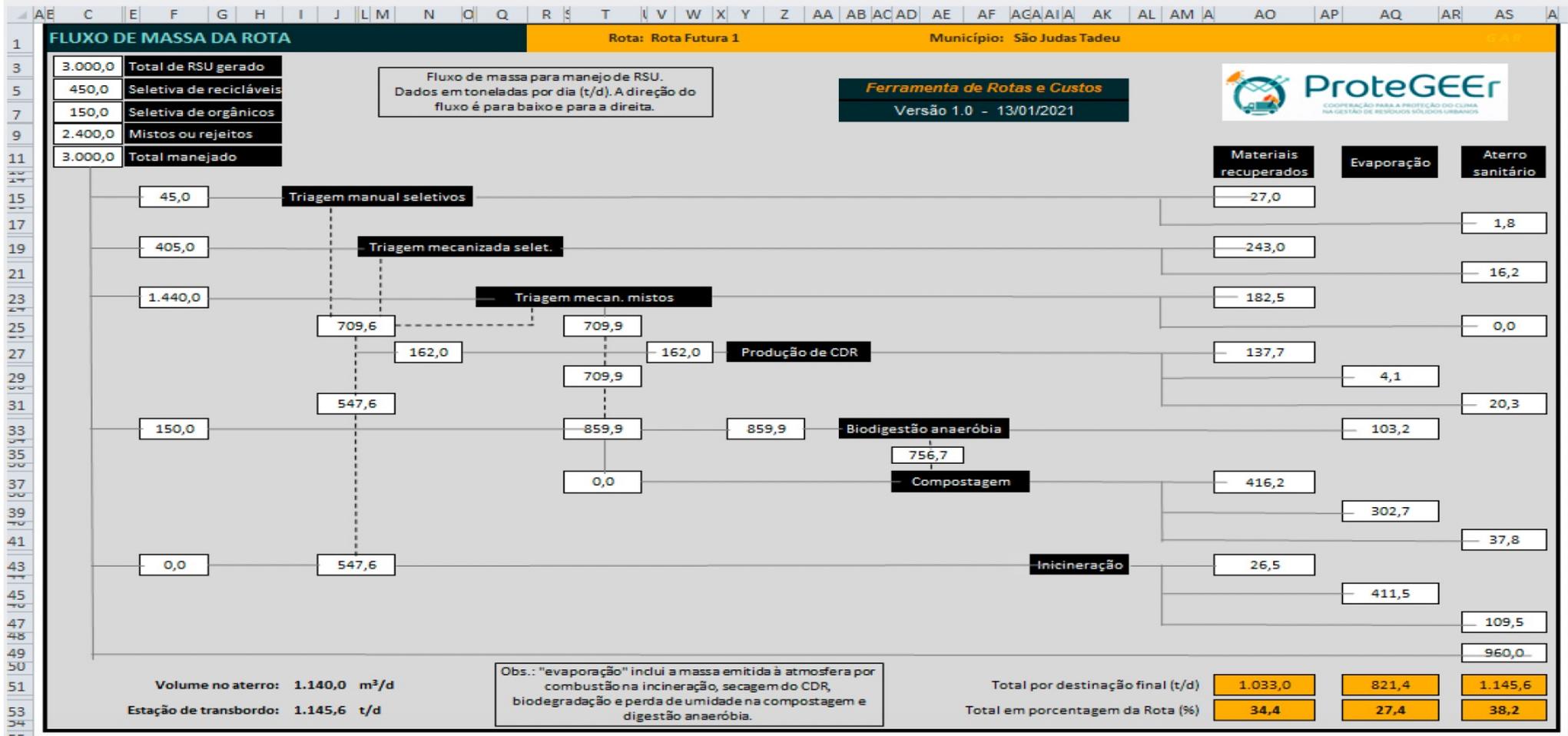
Rejeito para aterro (t/d)	
rejeito para aterro	20,25

perda por evaporação / secagem (t/d)	4,05
--------------------------------------	------

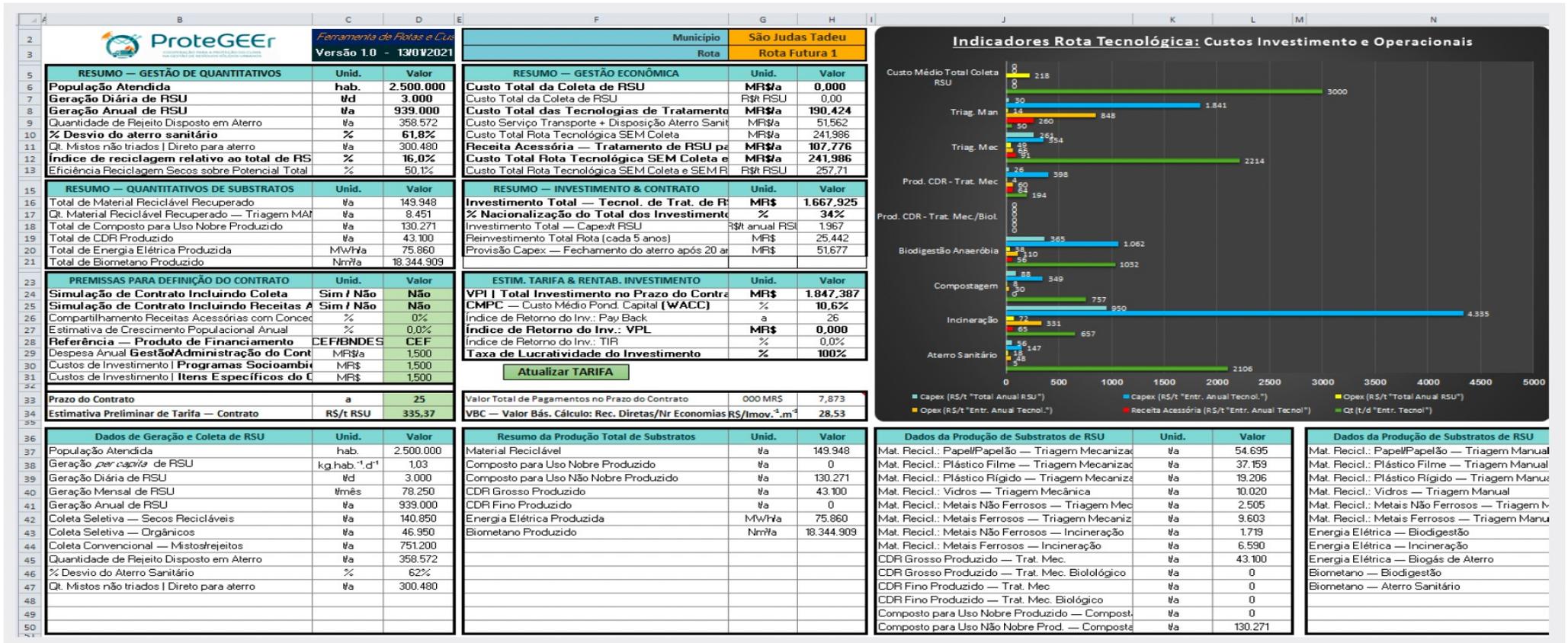
## Exemplo de saída de dados

## Aba 'R-Fluxo Massa'

- Apresentação em fluxograma do balanço de massa



# Saída de Dados Econômicos



Link para acesso à ferramenta e ao manual do usuário:

<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/protegeer-antigo/ferramenta-de-rotas-tecnologicas-e-custos-para-manejo-de-rsu-em-revisao>



Homepage: <http://www.grs-ufpe.com.br>

Email: [jucah@ufpe.br](mailto:jucah@ufpe.br)

 81-99926.8469

<http://www.grs-ufpe.com.br/publicacoes/>