

ETEC DONA ESCOLÁSTICA ROSA
ENSINO MÉDIO INTEGRADO AO TÉCNICO EM ADMINISTRAÇÃO -
(Programa de Articulação da Formação Profissional Média e
Superior – AMS)

ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
NA TEMPORADA DE CRUZEIROS DO PORTO DE SANTOS

Heloisa dos Santos Walter*

Livia Pontes Barreto **

Luan Justyn Cruz Nascimento***

Thaiane Aparecida dos Santos****

Resumo: Este estudo investiga a relação entre a temporada de cruzeiros no Porto de Santos (dezembro a março) e o aumento da poluição ambiental, decorrente do significativo incremento na geração de resíduos sólidos provenientes das embarcações turísticas. O objetivo foi analisar alternativas para mitigar esses impactos, com ênfase na aplicação de princípios de economia circular, na articulação entre agentes públicos e privados e na viabilidade de incentivos econômicos para navios com boas práticas ambientais. Por meio de abordagem qualitativa, utilizando revisão bibliográfica, análise documental e dados secundários de fontes portuárias, identificou-se que a saturação da capacidade operacional no pico da temporada agrava os casos de descarte irregular, contribuindo para a degradação do ecossistema costeiro. Os resultados sugerem que a valorização de resíduos como insumos pode reduzir a pressão ambiental e gerar receitas secundárias, enquanto a cooperação institucional mostrou-se essencial para respostas ágeis a não conformidades. Conclui-se que a implementação integrada dessas estratégias tem potencial para transformar um desafio sazonal em oportunidade de modernização da gestão portuária, alinhando operação econômica com sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Poluição Portuária. Gestão de Resíduos. Porto de Santos. Temporada de Cruzeiros. Economia Circular.

*Aluna do curso Técnico em Administração, na Etec Dona Escolástica Rosa – heloisa.walter@etec.sp.gov.br

** Aluna do curso Técnico em Administração, na Etec Dona Escolástica Rosa – livia.barreto4@etec.sp.gov.br

*** Aluno do curso Técnico em Administração, na Etec Dona Escolástica Rosa – luan.nascimento41@etec.sp.gov.br

**** Aluna do curso Técnico em Administração, na Etec Dona Escolástica Rosa – thaiane.santos8@etec.sp.gov.br

*****Prof. Jose Silva Mario, na Etec Dona Escolástica Rosa – Jose.mario01@etec.sp.gov.br

*****Prof. Fátima Rocha, na Etec Dona Escolástica Rosa – Fátima.silva43@etec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O Porto de Santos não é apenas o maior complexo portuário da América Latina; é, antes de tudo, o motor logístico da economia brasileira (APS, 2024). Essa importância, no entanto, traz consigo enormes responsabilidades, especialmente no que tange aos impactos ambientais e sociais de sua intensa rotina. Neste contexto, a gestão dos resíduos sólidos gerados pelas embarcações, sobretudo as turísticas, emerge como um desafio administrativo e operacional de primeira ordem.

É crucial notar que a sazonalidade dos cruzeiros marítimos, concentrada entre dezembro e março, transforma o desafio em uma verdadeira crise de gestão. O aumento súbito e expressivo do fluxo de passageiros e tripulantes pressiona a infraestrutura portuária, sobrecarregando a capacidade de receber, tratar e, principalmente, dar a destinação final correta aos resíduos. Quando a capacidade do Porto atinge a saturação, a consequência é o aumento do risco de descarte inadequado, contaminando nosso estuário e a faixa costeira.

Do ponto de vista da Administração, este quadro se enquadra perfeitamente na teoria das Externalidades Negativas, cunhada por Pigou (1932). O custo real de lidar com o lixo e a poluição gerados pelo negócio (limpeza, tratamento de esgoto, saúde pública) acaba sendo arcado pela coletividade e não pelas empresas geradoras. O grande desafio, portanto, reside em corrigir essa falha de mercado.

A proposta de gestão se apoia em dois pilares regulatórios essenciais. O primeiro é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – Lei 12.305/2010), que estabelece o conceito de responsabilidade compartilhada, uma exigência de cooperação que abrange toda a cadeia, inclusive o setor portuário (BRASIL, 2010). O segundo pilar é a Convenção MARPOL (IMO, 2023), que estabelece as regras internacionais que o Porto de Santos, como prestador de serviço marítimo global, é obrigado a cumprir.

Este estudo se justifica pela urgência de o Porto de Santos alinhar sua performance operacional aos padrões globais de sustentabilidade, garantindo assim sua Licença Social para Operar (JAMES; STEWART, 2022). A aplicação dos princípios da Economia Circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2022) permitirá não

apenas mitigar o passivo ambiental, mas também criar um fluxo de valor econômico e social.

O objetivo, portanto, é analisar a dramática variação sazonal na geração de resíduos dos cruzeiros e propor um modelo de governança colaborativa que integre os *stakeholders* do Porto em uma gestão que seja eficiente, rentável e, sobretudo, responsável.

2 O IMPACTO OPERACIONAL E AS EXTERNALIDADES NEGATIVAS EM SANTOS

A intensidade operacional do Porto de Santos, embora seja um catalisador de riqueza, gera pressões ambientais que a Administração precisa gerenciar. A concentração de cruzeiros no verão é um desafio de gestão de capacidade, onde a demanda (resíduos) excede a oferta de serviços de tratamento. A ineficiência resultante dessa sobrecarga gera ineficácia na destinação e custos elevados.

A Tabela 1 revela que 55% do volume é resíduo orgânico. Essa predominância não só agrava problemas ambientais, como a poluição hídrica (SANTOS; SILVA, 2023), mas impõe Custos de Transação elevadíssimos à Autoridade Portuária. Esses custos de transação (COASE, 1937), um conceito fundamental da Nova Economia Institucional, envolvem o esforço de fiscalização, a negociação com as transportadoras de lixo, os custos de monitoramento e a burocracia para a destinação final correta. A alta complexidade logística decorrente do pico sazonal eleva esses custos de forma desproporcional, dificultando o alcance da Eficiência Econômica.

Quando os custos de transação são altos, a ineficiência se instala, e o porto tende a recorrer à solução mais barata no curto prazo: o aterro. No entanto, o aterro apenas transfere o problema e o custo real para a sociedade (PIGOU, 1932). Este é o cerne da Externalidade Negativa que buscamos resolver. A correta administração exige que o custo da poluição seja internalizado, ou seja, que as empresas geradoras passem a pagar e a gerenciar esse custo, e não o cidadão. Esta internalização, mediada por um mecanismo de mercado como a Tarifa Verde, é crucial para restaurar o equilíbrio econômico-ambiental e promover a alocação eficiente de recursos.

Tabela 1 – Composição e Impactos Potenciais dos Resíduos Sólidos Gerados durante a Temporada de Cruzeiros no Porto de Santos

Tipo de Resíduo	Percentual (%)	Volume Estimado (ton./temporada)	Principais Impactos Ambientais	Custo Social Externalizado (Administrativo)
Orgânicos	55	1650	Emissão de CH4 (Gás de Efeito Estufa); degradação hídrica local.	Despesas públicas com saúde e controle de pragas urbanas.
Recicláveis	30	900	Poluição visual e risco de microplásticos.	Custo da limpeza e danos à imagem turística da região.
Perigosos	15	450	Contaminação do lençol freático; risco de multa.	Custos de remediação e litígio judicial.

Fonte: Adaptado de APS (2023) e CETESB (2024).

2.1 Riscos sanitários e a saúde pública

Além dos desafios ambientais e de infraestrutura gerados pelo fluxo massivo de navios e turistas, a alta concentração de pessoas em embarcações e áreas portuárias impõe riscos sanitários significativos. A proximidade e a grande circulação de passageiros e tripulantes criam um ambiente propício para a disseminação rápida de agentes infecciosos, o que exige uma vigilância epidemiológica constante e eficaz por parte das autoridades portuárias e municipais.

Um exemplo notável da vulnerabilidade desse contexto é a infecção pelo Norovírus, agente de gastroenterites agudas. A infecção, que provoca sintomas como diarreia intensa, vômitos e dor abdominal, é especialmente preocupante em contextos de grande aglomeração de pessoas ou em locais com água e alimentos potencialmente contaminados. A literatura destaca a facilidade de propagação do

patógeno: o Norovírus "é altamente contagioso e transmitido por via oral-fecal" (CNN BRASIL, 2025).

Essa alta taxa de contagiosidade evidencia o papel da mobilidade e do turismo marítimo na saúde pública regional. Durante o surto no litoral paulista, as autoridades confirmaram a presença do vírus em amostras coletadas dos municípios do Guarujá e de Praia Grande, na Baixada Santista. Essa confirmação demonstra a relevância do contexto de turismo e grande circulação (como a temporada de cruzeiros e a visitação em praias) para a disseminação do agente infeccioso. Dessa forma, a gestão sanitária e a fiscalização da qualidade da água e dos alimentos no Porto de Santos e em seu entorno não são apenas questões de conformidade operacional, mas componentes cruciais para a segurança epidemiológica da região.

2.2 Logística reversa e economia circular

Na Administração, a Logística Reversa não é apenas uma atividade; ela se manifesta como uma estratégia essencial de Supply Chain Management reversa (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001), buscando sistematicamente recapturar valor de materiais ao final de seu ciclo de uso. No contexto portuário, essa prática é fundamental para mitigar o impacto do fluxo logístico de entrada.

A operação de um navio de cruzeiro é, em si, um complexo desafio logístico. Para manter milhares de passageiros e tripulantes em uma viagem de uma semana, a demanda por suprimentos é colossal. Apenas no setor de alimentos e bebidas, o volume embarcado chega a impressionantes 180 toneladas por semana, um consumo que inclui picos diários de 6.000 kg de batatas, além de grandes volumes de carnes, leite e outros insumos básicos (CLIA BRASIL, 2023). Somam-se a isso os recursos essenciais para higiene, manutenção de cabines e o vasto consumo de combustível, que pode alcançar 35 mil litros por hora (TZ VIAGENS, 2023).

É a partir da exaustão desse fluxo massivo de insumos que surge a oportunidade de gestão. Diante do volume de embalagens, resíduos orgânicos e materiais descartados, a implementação de uma logística reversa estruturada no Porto de Santos se estabelece como o caminho mais estratégico para mitigar o impacto ambiental e, de forma inteligente, gerar valor econômico.

Após o desembarque, o que antes era "lixo" se transforma em um recurso potencial. Resíduos como embalagens plásticas, vidro, alumínio, papelão e o óleo de cozinha usado podem ser rigorosamente segregados e, então, triados e processados por operadores licenciados e cooperativas parceiras (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS, 2024). Esse processo pavimenta dois caminhos cruciais para a Economia Circular: o retorno de materiais reciclados ao próprio navio como insumos secundários, reduzindo a dependência de matéria-prima virgem; e a comercialização de frações de alto potencial (metais e plásticos rígidos), gerando um retorno financeiro significativo. O resíduo orgânico, por sua vez, é direcionado para a produção de adubo ou biogás, anulando o custo de aterramento.

O digestato é um dos principais subprodutos formados durante a biodigestão dos resíduos orgânicos gerados na temporada de cruzeiros no Porto de Santos (PORTAL ENERGIA E BIOGÁS, 2025). Esse material, resultante da decomposição anaeróbia de restos alimentares e frações biodegradáveis, não é um simples dejetos, mas um biofertilizante de alta qualidade. Apresenta elevada concentração de nutrientes essenciais (como nitrogênio, fósforo e potássio) e matéria orgânica estabilizada com potencial de uso agrícola (EMBRAPA, 2025; UFSC, 2025). Quando tratado e monitorado dentro dos padrões sanitários, o digestato pode ser aplicado na adubação de culturas, no paisagismo urbano e na recuperação de áreas degradadas, contribuindo diretamente para a redução do uso de fertilizantes minerais. Além do valor econômico e ambiental, parte desse biofertilizante pode ser destinada a projetos de Responsabilidade Social Corporativa (RSC), como a doação para hortas comunitárias ou centros de assistência social (como orfanatos ou asilos), gerando valor social e fortalecendo o vínculo porto-comunidade.

A aplicação do digestato também auxilia na diminuição da quantidade de resíduos destinados a aterros, reduzindo emissões de gases de efeito estufa e promovendo maior eficiência logística. Para garantir sua segurança e qualidade, é crucial a segregação adequada dos resíduos a bordo dos navios, bem como a rastreabilidade e o controle operacional durante a biodigestão. Assim, o digestato representa uma solução alinhada à economia circular, convertendo resíduos temporários da atividade turística marítima em um produto ambientalmente benéfico e economicamente eficiente.

2.3 Marcos regulatórios

A gestão eficiente no setor portuário passa, obrigatoriamente, pelo estrito cumprimento regulatório. A esfera internacional é regida pela Convenção MARPOL (IMO, 2023), que exige que os navios descarreguem seus resíduos em terra e que os portos forneçam as Instalações de Recepção Portuária adequadas. O desafio administrativo de Santos, portanto, não está em fornecer a instalação, mas em garantir que a capacidade de processamento seja robusta o suficiente para lidar com o crescimento da demanda sazonal, que historicamente excede o planejamento de rotina. O *compliance* com a MARPOL é uma questão de imagem global e de acesso a rotas internacionais.

No plano nacional, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – Lei 12.305/2010) é o principal instrumento de Administração Pública para a área ambiental. O conceito de responsabilidade compartilhada (BRASIL, 2010) é um princípio de gestão que distribui a obrigação de gerenciamento de resíduos por toda a cadeia de valor. Para a Autoridade Portuária, isso significa que as empresas de cruzeiro, como grandes geradoras, não podem ser meras espectadoras. Elas devem ser ativamente envolvidas no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do Porto, sendo legalmente obrigadas a implementar a segregação na fonte. A PNRS fornece o embasamento legal para exigir essa cooperação e implementar nosso modelo de governança colaborativa, transformando a exigência legal em um diferencial competitivo através da Tarifa Verde. O *compliance* com a PNRS é um requisito mínimo para evitar passivos judiciais, multas e sanções administrativas severas, que podem impactar diretamente a saúde financeira e a reputação do Porto. A correta aplicação da lei garante que todos os *stakeholders* assumam sua parte do ônus.

2.4 Biodigestão anaeróbia e o potencial energético

A biodigestão anaeróbia é a solução tecnológica mais eficiente para a valorização do resíduo orgânico, pois resulta na conversão em digestato (fertilizante) e, mais importante, em biogás (energia renovável).

Do ponto de vista da Administração Estratégica e Financeira, a biodigestão é a chave para o Retorno sobre o Investimento (ROI). O projeto elimina o custo mensal de aterramento e gera um novo fluxo de receita com a venda de subprodutos, como o biometano (combustível limpo) ou eletricidade (EMBRAPA, 2023). O desafio reside em gerenciar o investimento de capital (CAPEX) e o risco de implantação de uma tecnologia de grande escala. A Análise de Risco Tecnológico deve ser detalhada, considerando a variabilidade da qualidade da matéria-prima (resíduo orgânico do navio) e a necessidade de manutenção constante do biorreator.

Neste cenário, a implementação de uma central de biodigestão representa um projeto de Gestão da Inovação dentro da Autoridade Portuária. A adoção de um modelo de Parceria Público-Privada (PPP) (PORTO DE ROTERDÃ, 2024) é, portanto, a ferramenta administrativa mais eficaz para financiar o alto CAPEX, transferir o risco operacional e a expertise técnica do tratamento para um parceiro especializado. A decisão de investir em energia renovável demonstra o compromisso do Porto com a agenda de descarbonização, agregando valor estratégico, elevando o perfil de *green port* e garantindo o suprimento energético interno a longo prazo.

2.5 A governança como fator de sustentabilidade (ESG), gestão de stakeholders e risco reputacional

A sustentabilidade, no contexto portuário, é indissociável dos critérios ESG (*Environmental, Social and Governance*). Uma gestão de resíduos eficiente e rastreável é um indicador de Governança (G) sólida e de responsabilidade Ambiental (E).

A dimensão Social (S) é atendida ao se garantir que a solução não prejudique a comunidade vizinha, mas sim promova a inclusão econômica das cooperativas de reciclagem, transformando catadores em agentes formais da cadeia de valor. O respeito a esses *stakeholders* é essencial para obter e manter a Licença Social para Operar (LSO) (JAMES; STEWART, 2022). A LSO é a aceitação contínua da operação portuária pela sociedade. Quando o resíduo é mal gerenciado, a confiança é rapidamente perdida, a reputação é danificada e o Porto enfrenta um alto risco de imagem e risco reputacional. Uma administração moderna utiliza a sustentabilidade como uma ferramenta ativa de Gestão de *Stakeholders*, transformando a

transparência na gestão de resíduos em um diferencial competitivo, crucial para a longevidade e o valor de mercado do complexo portuário.

3 METODOLOGIA

A metodologia se baseou em uma abordagem mista (quali-quantitativa), característica de trabalhos técnicos que buscam soluções aplicáveis. A pesquisa é aplicada e exploratória, pois procuramos desenhar um modelo de gestão para um problema real. Os dados quantitativos (séries históricas 2022-2024) vieram de fontes oficiais como APS (2024) e CETESB (2024). Em paralelo, realizou-se uma profunda revisão bibliográfica e normativa (PNRS, MARPOL e modelos de Economia Circular), utilizando a análise estatística descritiva e a análise temática para construir e validar a proposta de governança.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Validação do pico sazonal e implicação logística

O Porto de Santos, em sua complexa rotina, enfrenta um desafio logístico que se intensifica drasticamente com a sazonalidade dos cruzeiros. Os dados analisados confirmaram o que a experiência operacional já indicava: a temporada concentra uma demanda que impõe um aumento expressivo de 43% no volume total de resíduos (APS, 2024). A Tabela 2, abaixo, ilustra essa variação, destacando o crescimento do volume mensal de 1.400 toneladas para 2.000 toneladas durante o período de pico.

Tabela 2 - Variação Sazonal na Geração de Resíduos (2022-2024)

Tipo de Resíduo	Volume Médio (t/mês) Fora da Temporada	Volume Médio (t/mês) Na Temporada	Variação
Orgânicos	800	1.200	+50%
Recicláveis	420	580	+38%
Perigosos	180	220	+22%
Total	1.400	2.000	+43%

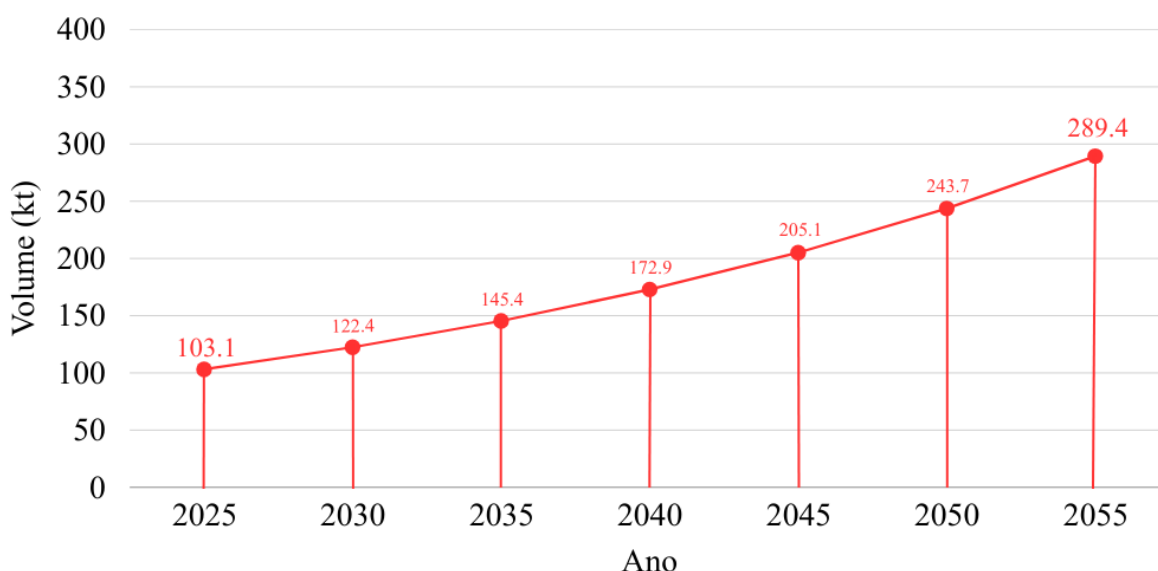
Fonte: Dados compilados pela pesquisa a partir de dados públicos da APS (2024).

Conforme os dados, a fração orgânica é o grande gargalo logístico, apresentando a maior variação (+50%). Esse aumento súbito e expressivo agrava a Externalidade Negativa (PIGOU, 1932), pois a saturação operacional leva ao risco de descarte inadequado e onera a infraestrutura de destinação final. O desafio crucial, portanto, não é apenas a coleta, mas garantir que a Logística Reversa funcione na ponta, exigindo a segregação na fonte a bordo com a máxima qualidade.

O problema sazonal da capacidade é amplificado pela ameaça do crescimento contínuo de longo prazo. O volume consolidado de resíduos gerenciados pelo Porto de Santos (excluindo RCC) já atingiu 103,1 quilotoneladas (kt) em 2024 (APS, 2024). Projetando-se uma taxa conservadora de crescimento anual de 3,5% na movimentação portuária e turística, o volume total de resíduos pode atingir cerca de 289,4 kt em 2055. Isso representa um aumento de quase 180% em 30 anos.

O Gráfico 1 ilustra essa tendência exponencial.

Gráfico 1 – Projeção Exponencial da Geração Anual de Resíduos Sólidos no Porto de Santos (2025-2055)



Fonte: Elaboração própria com base em dados da Autoridade Portuária de Santos (APS, 2024).

Para aumentar o rigor analítico, a projeção foi submetida a uma análise de sensibilidade com base em cenários de crescimento portuário. Enquanto a projeção central de 3,5% atinge 289,4 kt, um cenário mais conservador (2,5%) resultaria em 216,2 kt em 2055. Por outro lado, um cenário de expansão acelerada (5,0%)

alcançaria assustadores 445,6 kt. Em todos os cenários, a curva de crescimento se mostra exponencial, reforçando a conclusão de que a inação ou a manutenção do modelo linear de destinação criará uma crise de capacidade insustentável.

O modelo de governança proposto neste trabalho atua para mitigar essa projeção, buscando desacoplar o crescimento operacional do aumento da geração de resíduos.

4.2 Proposta de Modelo e a Estratégia Ofensiva (SWOT)

A análise SWOT (Tabela 3) é a bússola para a decisão estratégica:

Tabela 3: Matriz SWOT Aplicada à Gestão de Resíduos de Cruzeiros no Porto de Santos

Fatores Internos (Porto de Santos)	Fatores Externos (Mercado/Regulação)
Forças (Strengths): F1. Grande volume de resíduo orgânico (1.200 t/mês), garantindo escala para investimento. F2. Arcabouço regulatório (PNRS) que suporta a exigência de segregação.	Oportunidades (Opportunities): O1. Tendência de navios <i>Green Ships</i> , dispostos a pagar por serviços ambientais. O2. Potencial de receita pela venda de biogás ou biofertilizante.
Fraquezas (Weaknesses): W1. Saturação operacional sazonal. W2. Falta de rastreabilidade e dados auditáveis na coleta.	Ameaças (Threats): T1. Risco de multas e sanções por órgãos fiscalizadores (CETESB). T2. Comprometimento da reputação e da Licença Social para Operar.

Fonte: Elaboração própria.

O modelo proposto adota uma estratégia ofensiva, utilizando a Força do volume (F1) para gerar receita (O2). A solução para mitigar a Fraqueza da falta de rastreabilidade (W2) é a adoção de um sistema digital. É importante notar que a Autoridade Portuária de Santos (APS) já reconheceu essa necessidade, promovendo o *ESG Challenge* em 2024 e selecionando um projeto de Gestão e Monitoramento de Resíduos com Uso de Inteligência Artificial para desenvolvimento (APS, 2024). A Plataforma Digital de Rastreamento (PDR), que propomos neste trabalho, atua em sinergia com essa iniciativa, fornecendo a base para transformar dados brutos de entrada em informação auditável.

4.3 A Plataforma Digital de Rastreamento (PDR) e o fluxo de gestão

A PDR é o coração do novo modelo de governança, garantindo o controle e a transparência. Ela funciona como um sistema de gestão de suprimentos reverso, e sua lógica de funcionamento é compatível com o sistema de Inteligência Artificial (IA) atualmente em desenvolvimento pela APS. O objetivo da PDR é levar a rastreabilidade da coleta até a destinação final, e seu fluxo de processo é:

1. Pré-agendamento: O navio notifica eletronicamente (24h antes) o volume estimado e a classificação do resíduo, permitindo à APS planejar a alocação de recursos (Logística).
2. Verificação e Pesagem (IA/Digital): Na escala, o resíduo é pesado, segregado e o dado é inserido na PDR. A expectativa é que tecnologias de IA e *machine learning*, como as que estão sendo desenvolvidas, ajudem a padronizar a classificação e monitoramento de resíduos, garantindo maior precisão na fiscalização da segregação (APS, 2024).
3. Certificação: A plataforma emite um Certificado de Destinação Final que comprova a correta gestão do resíduo (Auditoria).

A integração das cooperativas de reciclagem neste fluxo é fundamental, não apenas pelo aspecto social, mas pela eficiência na Logística Reversa dos materiais recicláveis (SANTOS; SILVA, 2023).

4.4 Análise financeira da logística reversa

O desafio financeiro da temporada de cruzeiros não se limita ao custo operacional de descarte (OPEX), mas à perda de receita por não valorizar o resíduo. Conforme a Tabela 2 (Seção 4.1), o pico de 1.200 toneladas/mês de orgânicos impõe um custo mensal de aterramento de R\$ 180.000,00. Eliminar esse custo é o primeiro passo para a lucratividade, mas o foco deve ser a geração de valor.

A transformação desse passivo em ativo exige um Investimento Inicial (CAPEX), estimado em cerca de R\$ 7,4 milhões para uma planta de biodigestão ou compostagem em escala que atenda ao volume da Baixada Santista (REVISTA ESPACIOS, 2017). Este valor, contudo, é rapidamente justificado pelo Retorno sobre o Investimento (ROI) em três frentes estratégicas de receita e redução de custos:

4.4.1 Geração de Biometano e Vantagem Estratégica Energética

A biodigestão da matéria orgânica não se restringe à produção de biofertilizante; ela gera biogás, que pode ser purificado em biometano, um Gás Natural Renovável (GNR). A utilização estratégica desse GNR permite à Autoridade Portuária de Santos (APS):

Redução de Custos Internos: Utilizar o GNR no abastecimento de frotas e equipamentos próprios do Porto, minimizando o OPEX em combustíveis fósseis.

Geração de Receita Externa: Oferecer o GNR para abastecimento dos próprios navios de cruzeiro que atracam no Porto. A logística portuária já prevê o fornecimento de combustíveis (bunker), e a oferta de um GNR limpo e local permite à APS gerar uma nova fonte de receita e posicionar-se em alinhamento com iniciativas globais de transição energética (PORTO DE ROTERDÃ, 2024).

4.4.2 Valorização do Digestato e Fechamento do Ciclo Agrícola

O subproduto da biodigestão, o digestato, é um biofertilizante de alto valor agregado, rico em nutrientes (EMBRAPA, 2025; UFSC, 2025). Sua rentabilidade se concretiza em duas dimensões:

Apoio à Cadeia de Suprimentos: O Porto pode destinar o digestato para agricultores da Baixada Santista ou fornecedores locais. Esta ação não apenas apoia a agricultura familiar e a segurança alimentar, mas também fecha o ciclo da Economia Circular: o resíduo do navio alimenta o solo que produz os alimentos que abastecem o navio, garantindo maior rastreabilidade e sustentabilidade na cadeia de suprimentos dos cruzeiros.

Receita Secundária: A venda do volume excedente do biofertilizante no mercado agrícola regional gera uma nova fonte de receita operacional, transformando o custo de descarte em um produto comercializável.

4.4.3 Incentivos Econômicos e Vantagem Competitiva

O investimento em infraestrutura de valorização (os R\$ 7,4 milhões) é o fundamento para a criação de mecanismos de incentivo. A capacidade de valorizar o

resíduo e fornecer GNR localmente transforma a sustentabilidade em uma Vantagem Competitiva (PORTER; KRAMER, 2006). A Tarifa Verde (Seção 4.5) é a tradução dessa vantagem em política: navios com alto índice de segregação de resíduos e boas práticas ambientais são recompensados com tarifas portuárias reduzidas, enquanto a venda dos subprodutos e a eliminação do OPEX financiam o investimento inicial e garantem o lucro líquido. O ROI, portanto, não é medido apenas em dinheiro, mas na consolidação da imagem do Porto de Santos como um green port líder e na sua Licença Social para Operar (LSO) (JAMES; STEWART, 2022).

4.5 Tarifa verde (mecanismo de incentivo e internalização)

A Tarifa Verde não é apenas um desconto; ela é a materialização da política de incentivo, traduzindo o conceito de sustentabilidade em Vantagem Competitiva Tangível (PORTER; KRAMER, 2006). A proposta é modular a tarifa portuária de serviços ambientais, concedendo um abatimento diretamente proporcional ao Índice de Desempenho Ambiental (IDA) das embarcações. O foco principal é estimular um investimento imediato das companhias de cruzeiros na segregação e rastreabilidade na fonte, garantindo a qualidade do resíduo orgânico que será valorizado pelo Porto (Seção 4.4).

4.5.1 O Modelo de Cálculo e a Motivação Financeira

Para que o mecanismo seja transparente e persuasivo, o cálculo da Tarifa Verde (T-V) deve ser claro. Ele propõe a dedução de uma Variável de Eficiência Ambiental (V-E), que funciona como o teto máximo de desconto, modulada pelo Índice de Rastreabilidade e Segregação (R-S) alcançado pelo navio. O R-S é a métrica-chave, variando de 0 a 1, que atesta a pureza e a qualidade do resíduo entregue.

A fórmula que governa esse mecanismo pode ser expressa da seguinte forma:

$$\text{Tarifa Verde (T-V)} = \text{Tarifa Base (T-B)} - [\text{Variável de Eficiência Ambiental (V-E)} \times \text{Índice de Rastreabilidade e Segregação (R-S)}]$$

Para demonstrar o Quadro 1 ilustra um cenário de aplicação imediata, mostrando como um bom desempenho ambiental se converte diretamente em economia operacional:

Quadro 1 – Simulação do Impacto Financeiro da Tarifa Verde (T-V)

Cenário e Parâmetros Hipotéticos:	
<i>Tarifa Base (T-B):</i>	R\$ 12.000,00
<i>Variável de Eficiência Ambiental (V-E):</i>	R\$ 4.000,00
<i>Índice de Rastreabilidade e Segregação (R-S):</i>	0,80
Cálculo Aplicado:	
$T-V = 12.000 - (4.000 \times 0,80)$	
$T-V = 12.000 - 3.200$	
Resultado e Desconto Efetivo:	
T-V = R\$ 8.800,00	
Benefício: O navio conquista um desconto de R\$ 3.200,00 , o que representa uma economia de 26,6% sobre a tarifa original.	

Fonte: Elaboração própria (2025).

O impacto da Tarifa Verde é evidente. O desconto significativo de R\$ 3.200,00 não é um subsídio, mas uma remuneração por performance. Ele transforma o custo de investir em sustentabilidade a bordo em um fator de competitividade, incentivando as operadoras a cooperarem ativamente com a logística reversa do Porto. Assim, o Porto de Santos alinha o interesse econômico privado à sua meta pública de sustentabilidade, cumprindo a diretriz de transformar um passivo ambiental em um vetor de desenvolvimento.

4.5.2 Estrutura e Viabilidade do Índice R-S e da Variável V-E

Para que a Tarifa Verde não seja um subsídio, mas uma remuneração por performance, sua aplicação deve ser baseada em critérios objetivos:

Definição do Índice R-S: O Índice de Rastreabilidade e Segregação (R-S) deve ser composto por métricas verificáveis, auditadas pela Autoridade Portuária. Os critérios de avaliação devem incluir, mas não se limitar a: Taxa de Contaminação da fração orgânica (visando pureza superior a 95%), a Rastreabilidade total do volume entregue por meio de manifestos e a Conformidade com as especificações de embalagem e acondicionamento de resíduos (ISO 14001).

Viabilidade da Variável V-E: A Variável de Eficiência Ambiental (V-E) (que define o máximo desconto) deve ser calculada de forma conservadora. Seu valor deve ser

sempre inferior ao valor marginal da receita gerada pela biodigestão (venda de GNR e biofertilizante). Este princípio assegura que o Porto nunca arca com o custo do desconto, pois a economia concedida é compensada e superada pelo valor agregado que o resíduo de alta qualidade (obtido graças ao incentivo) gera na planta de valorização (Seção 4.4).

O alinhamento desses fatores garante a sustentabilidade financeira e a eficácia da política pública.

4.6 Licenciamento ambiental

Na Gestão de Projetos, é fundamental reconhecer que a implantação da Central de Tratamento de Orgânicos (seja biodigestão ou compostagem) está sujeita ao rigoroso Licenciamento Ambiental, exigindo o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (CETESB, 2024).

Ignorar ou atrasar essa etapa é um grave risco regulatório que pode paralisar o projeto inteiro. A obtenção da Licença Prévia é o primeiro marco de sucesso do projeto e deve ser prioridade máxima, garantindo o *compliance* e a aceitação social da nova infraestrutura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo partiu da necessidade urgente de entender o peso logístico da temporada de cruzeiros no Porto de Santos, focando na gestão de resíduos sólidos, e buscando ativamente rotas de mitigação baseadas na Economia Circular. Observamos que o imenso volume logístico para abastecer os navios (CLIA BRASIL, 2023) resulta em uma geração de resíduos colossal. Além disso, a grande circulação de pessoas amplifica o risco sanitário regional, como ficou claro com a ameaça de surtos de Norovírus (CNN BRASIL, 2025). Contudo, a pesquisa demonstrou que o robusto arcabouço regulatório (MARPOL, PNRS e ANVISA) e a viabilidade da Logística Reversa criam o cenário perfeito para transformar esses problemas em ativos estratégicos.

Para resumir o caminho percorrido e apontar o futuro, organizamos nossos achados na matriz SWOT, que nos oferece uma visão clara das escolhas estratégicas do Porto. Nossa maior Força reside no potencial de valorizar o resíduo orgânico.

Encontramos um ativo no digestato, o biofertilizante de alto valor nutricional (EMBRAPA, 2025; UFSC, 2025). Isso nos traz a grande Oportunidade de receita: transformar um custo certo com aterro em lucro, dar ao Porto um perfil de sustentabilidade que vai além do discurso e, crucialmente, criar Valor Compartilhado ao destinar parte do biofertilizante para projetos de cunho social (como a doação para hortas de orfanatos ou centros de assistência).

No entanto, enfrentamos Fraquezas críticas que precisam de atenção imediata, principalmente a necessidade de uma gestão integrada e a dependência de que a segregação a bordo seja feita com alta qualidade. A principal Ameaça externa é a mais temida: um surto sanitário grave ou uma falha de conformidade regulatória que possa comprometer a reputação do Porto.

Diante disso, a conclusão a que chegamos é direta: o sucesso da gestão de resíduos e de riscos no Porto de Santos exige a adoção de duas frentes estratégicas. A primeira é a Estratégia Ofensiva de alavancar o digestato como nosso produto sustentável, usando sua certificação e sua aplicação social como prova de que a Logística Reversa cumpre a lei e gera valor em múltiplas dimensões. A segunda é a Estratégia de Reforço, onde a rastreabilidade digital dos resíduos se torna o escudo do Porto. É a única forma de garantir a segregação efetiva na origem e fornecer à ANVISA e ao órgão regulador dados confiáveis em tempo real, minimizando o risco epidemiológico e operacional. Em suma, a transição para a Economia Circular no Porto de Santos não é mais uma opção, mas sim a intersecção entre o rigor da lei, a inteligência logística e o compromisso social, convertendo o resíduo do turismo em recurso econômico e social.

ANALYSIS OF SOLID WASTE MANAGEMENT

DURING THE CRUISE SEASON AT THE PORT OF SANTOS

Abstract: This study investigates the relationship between the cruise season at the Port of Santos (December to March) and increased environmental pollution, resulting from the significant rise in solid waste generation from tourist vessels. The research aimed to analyze alternatives to mitigate these impacts, emphasizing the application of circular economy principles, collaboration between public and private agents, and the feasibility of economic incentives for ships with sound environmental practices. Using a qualitative-quantitative approach based on bibliographic review, document

analysis, and secondary data from port authorities, the study found that the saturation of operational capacity during the peak season worsens cases of irregular disposal, contributing to the degradation of the coastal ecosystem. The results suggest that waste valorization as inputs can reduce environmental pressure and generate secondary revenue, while institutional cooperation proved essential for agile responses to non-compliance. It is concluded that the integrated implementation of these strategies has the potential to turn a seasonal challenge into an opportunity for modernizing port management, aligning economic operations with environmental sustainability.

Keywords: Port Pollution. Waste Management. Port of Santos. Cruise Season. Circular Economy.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2023. Acesso em: 25 jun. 2025.

APS. Relatório Anual de Geração de Resíduos/Relatório Anual Consolidado de Atividades. Processo IBAMA nº 02001.001530/2004-22. Santos: Autoridade Portuária de Santos, 2025 Acesso em: 28 nov. 2025.

APS – AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS. Relatório Anual de Gestão 2023. Santos: APS, 2024. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BAIXADA SANTISTA. Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Baixada Santista. Santos: AGEM (Agência Metropolitana da Baixada Santista), 220 p., 2024. Acesso em: 28 nov. 2025

BOGER, A.; GOMES, A. Gestão portuária sustentável: o papel do Porto de Santos na Logística 4.0. *Revista Brasileira de Logística e Supply Chain*, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 115-130, jul./dez. 2022. Acesso em: 08 jun. 2025.

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, ed. 150, p. 3, 3 ago. 2010. Acesso em: 28 jul. 2025.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório de Qualidade das Águas Litorâneas no Estado de São Paulo 2023. São Paulo: CETESB, 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2025.

COASE, R. H. *The Nature of the Firm. Economica, New Series*, Vol. 4, No. 16, pp. 386-405, 1937. Acesso em: 18 ago. 2025.

ELKINGTON, J. *Canibais de garfo e faca*. São Paulo: M. Books, 2012. Acesso em: 08 set. 2025.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation, 2022. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 25 jun. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.

Compostagem de resíduos orgânicos: manual técnico. Brasília: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 05 jul. 2025.

GARRÉ, S. O. et al. Análise econômica para implantação de uma usina de compostagem de resíduo orgânico urbano. *Revista ESPACIOS*, Caracas, v. 38, n. 17, p. 3, abr. 2017. Acesso em: 28 nov. 2025

GEISSDOERFER, M. et al. *The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757-768, fev. 2017. Acesso em: 12 jun. 2025.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL), 1973, as modified by the Protocol of 1978*. Londres: IMO, 2023. Acesso em: 17 set. 2025.

JAMES, K. R.; STEWART, P. J. *Environmental management systems in cruise tourism. Journal of Sustainable Tourism*, v. 30, n. 5, p. 1025-1044, 2022. Acesso em: 01 set. 2025.

KUNZ, A. R. et al. (Org.). Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. 2. ed. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 214 p. Acesso em

PIGOU, A. C. *The Economics of Welfare*. 4. ed. Londres: Macmillan and Co., 1932. Acesso em: 18 ago. 2025.

PORTO DE ROTERDÃ. *Sustainable Port: Annual Report 2023*. Roterdã: Porto de Roterdã, 2024. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com>. Acesso em: 25 jun. 2025.

PORTO DE VANCOUVER. *Sustainability Report 2024*. Vancouver: Vancouver Fraser Port Authority, 2024. Disponível em: <https://www.portvancouver.com>. Acesso em: 05 jul. 2025.

PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. Estratégia e Sociedade: O Vínculo Competitivo entre Vantagem Competitiva e Responsabilidade Social Corporativa. *Harvard Business Review*, v. 84, n. 12, p. 42-61, 2006. Acesso em: 10 jun. 2025.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. *Going backwards: reverse logistics trends and practices*. Reno: Reverse Logistics Executive Council, 2001. Acesso em: 05 ago. 2025.

SANTOS, A. P.; SILVA, L. M. Gestão portuária e sustentabilidade: análise do Porto de Santos. *Revista Brasileira de Administração Portuária*, Santos, v. 18, n. 1, p. 45-62, jan./jun. 2023. Acesso em: 13 ago. 2025.

SANTOS, J. B.; ALMEIDA, R. C. Biometano a partir de resíduos orgânicos: viabilidade técnica e regulatória para o setor de transportes. *Revista de Energia*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 88-105, jan./jun. 2023. Acesso em: 10 ago. 2025.

WILLIAMSON, O. E. *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. New York: Free Press, 1985. Acesso em: 18 ago. 2025.

WORLD BANK GROUP. *Port Reform Toolkit: Module 3 – Port Institutional Structures*. Washington, D.C.: World Bank, 2018. Acesso em: 01 set. 2025.