Oportunidade de redução de emissões de GEE no Estado do Rio de Janeiro com a reciclagem de resíduos pós-consumo

Contexto

Resíduos são materiais dotados de valor que devem receber a mais nobre destinação possível. Para que isso ocorra, no entanto, são necessários incentivos, infraestrutura adequada e uma rede de atividades encadeadas que viabilizem a triagem e o beneficiamento dos resíduos para a recuperação do seu valor. Para gerar *insights* que colaborem para o fortalecimento do encadeamento produtivo da reciclagem, a Firjan publica, desde 2021, o Mapeamento dos Recicláveis Pós-Consumo no Estado do Rio de Janeiro[1].

Na edição mais recente, publicada em outubro de 2025, **a Firjan apontou que 2,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos pós-consumo com potencial de reciclagem são depositados em aterros, anualmente, no Estado do Rio de Janeiro. Entre plásticos, papel e papelão, vidro e metais, esse material equivale a mais de R$ 2,6 bilhões literalmente enterrados**. Caso fossem reinseridos como insumos na indústria, encadeariam um investimento produtivo adicional de R$ 6 bilhões na economia, provocando geração de renda de R$ 11,6 bilhões, além da criação de 40,6 mil empregos diretos e indiretos.

Além das oportunidades econômicas e de redução dos impactos ambientais em termos de utilização de recursos, a reciclagem de resíduos pós-consumo é capaz de mitigar emissões de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para estratégias de descarbonização.

As ações de mitigação de GEE do setor de resíduos mais disseminadas são as de captação e aproveitamento do gás metano, gerado pela decomposição dos orgânicos em aterros, já que este é o impacto de emissões mais relevante da atividade de disposição em solo. No entanto, **a recuperação de valor da fração seca dos resíduos também representa uma oportunidade de redução de emissões**, prevista em metodologia de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo específica[2]. A presente Nota Técnica se baseia nessa premissa para estimar as oportunidades relacionadas à redução de emissões de GEE caso as 2,5 milhões de toneladas de resíduos identificadas no Mapeamento fossem recicladas, em vez de aterradas, no Estado do Rio de Janeiro.

[1] A edição de 2025 do Mapeamento, que utiliza 2023 como ano-base para o levantamento dos dados, está disponível em https://observatorio.firjan.com.br/inteligencia-competitiva/mapeamento-dos-reciclaveis-pos-consumo-estado-do-rio-de-janeiro.

[2] Metodologia de recuperação e reciclagem de materiais a partir de resíduos sólidos, "AMS-III.AJ.: *Recovery and recycling of materials from solid wastes - Version* 9.0".

Correlação entre as agendas de reciclagem e de clima

A mais recente Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)[3] brasileira, que expressa a ambição e o compromisso climático do País para o cumprimento do Acordo de Paris, define 12 Objetivos Nacionais de Mitigação como base para a redução de emissões de GEE e para os quais os investimentos e esforços públicos e privados devem ser preferencialmente dirigidos. Entre elas, consta o Objetivo 6: "promover a circularidade por meio do uso sustentável e eficiente de recursos naturais ao longo das cadeias produtivas".

Já a Estratégia Nacional de Economia Circular, publicada em 2025, prevê o comércio de emissões como um dos mecanismos financeiros para apoio à implementação e expansão de práticas circulares, "**reconhecendo a economia circular como estratégia eficaz de mitigação de emissões de gases de efeito estufa** e como potencial geradora de ativos negociáveis no âmbito do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões"[4].

Essa possibilidade de geração de créditos de carbono a partir da redução de emissões alcançada com o desvio de resíduos pós-consumo de aterros para recuperação de valor está estabelecida em uma metodologia *Gold Standard*[5] para atividades de reintrodução de materiais em fim-de-vida de volta à economia, que substituam o uso e produção de materiais virgens. Iniciativas brasileiras de logística reversa pós-consumo já estão pleiteando a geração de créditos de carbono para comercialização a partir desta metodologia[6].

Perfil das emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro ocupa a décima quinta posição no ranking de maiores emissores de GEE do País. A principal categoria de emissão do estado é a de Energia, que representa 61,2% das emissões, com 41,7 milhões de tCO_2 eq em 2023. A segunda categoria é a de Resíduos, que engloba resíduos sólidos e efluentes líquidos, representando 17,6% e totalizando 12 milhões de tCO_2 eq em 2023. Em terceiro lugar encontram-se as emissões da categoria Processos Industriais, que totalizaram 7,3 milhões tCO_2 eq, representando 10,8% do total das emissões do estado em 2023[7].

O setor de resíduos é o único que, quanto mais eficiente – ou seja, quanto maior a sua cobertura e coleta – maior é sua emissão. Isto porque a disposição de resíduos em aterros gera GEE, principalmente o metano (CH_4), em razão da decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos. Um aterro pode gerar mais emissões de metano do que um lixão aberto não gerenciado, porque a disposição de resíduos em aterros

[3] MMA, 2024. Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC).
[4] MDIC, 2025. Estratégia Nacional de Economia Circular.
[5] *Gold Standard for the Global Goals, 2025. Methodology "Recovery and Recycling of Materials from Solid Wastes"*.
[6] Em fase de análise pela *Gold Standard*. Informações obtidas em https://exame.com/esg/primeiro-projeto-brasileiro-de-creditos-de-carbono-da-reciclagem-pode-movimentar-r-28-bi-por-ano/.
[7] Dados obtidos no Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).

controlados ou sanitários favorece a decomposição anaeróbia da fração orgânica. Contudo, em aterros sanitários o CH_4 gerado é queimado, de modo controlado, em *flares*, reduzindo o impacto no clima, além de reduzir riscos de operação e de viabilizar a geração de energia elétrica e de créditos de carbono. Já os tratamentos térmicos e biológicos são fontes de emissão de CO_2, N_2O e CH_4.

Reciclagem e redução de emissões

Além de ser uma atividade relevante para a economia e desenvolvimento social, a reciclagem é uma ação potencial contra as mudanças globais do clima. Adotando essa estratégia, são evitadas emissões indiretas relacionadas à fabricação, intensiva em uso de energia, de novos insumos virgens (vidro, metais e plásticos), já que esses recursos estão sendo substituídos pelos resíduos, que são materiais secundários. Além disso, com a reciclagem de papel e papelão é possível reduzir emissões diretas de GEE que seriam ocasionadas durante o processo de decomposição desses materiais em aterro.

Idealmente, **a rede de reciclagem colaborará mais para a redução de emissões quanto menos o resíduo precisar ser transportado entre pontos de geração e de beneficiamento**. Por isso, políticas públicas que fortaleçam a infraestrutura de triagem e recuperação de valor de resíduos próxima aos grandes centros de geração de resíduos sólidos urbanos, onde há adensamento populacional, são essenciais para que o resíduo percorra distâncias cada vez menores, evitando as emissões relacionadas à queima de combustíveis no transporte rodoviário.

O Mapeamento dos Recicláveis Pós-Consumo no Estado do Rio de Janeiro apresenta a rede instalada de empreendimentos do encadeamento produtivo da reciclagem, bem como os macrofluxos de movimentação dos recicláveis pós-consumo, constituindo-se em uma referência para a identificação de locais no estado para onde poderiam ser atraídos e incentivados novos empreendimentos de beneficiamento dos resíduos, evitando longos percursos e retendo, na própria região, o valor associado ao material e à renda.

Emissões que poderiam ser evitadas no Estado do Rio de Janeiro

Para o cálculo das emissões de GEE que poderiam ser evitadas com a reciclagem de resíduos que são dispostos em aterros anualmente no Estado do Rio de Janeiro, foi replicado um modelo, obtido em artigo científico, que utiliza metodologia simplificada do IPCC e dados do software *Simapro* (Longo et al, 2019[8]). O método simplificado permite comparar a quantidade de energia consumida nos processos de fabricação de materiais virgens com a de materiais reciclados. Desta forma, é possível estimar a redução no consumo de energia ao se utilizar matéria-prima reciclada no ano-base estudado, que é 2023. O cálculo simplificado tomando como base a massa de resíduos recicláveis identificadas no Mapeamento está na tabela

[8] Longo, G. L.; Nunes, A. O.; Barrios, C. C.; Paiva, J. M. F.; Moris, V. A. S. Comparação das Emissões de Gases de Efeito Estufa em uma Cooperativa de Reciclagem de Materiais. **Rev. Virtual Quim.**, 2019, 11 (1), 190-209.

a seguir. A estimativa das emissões de GEE que poderiam ser evitadas ao se utilizar o material reciclado em substituição ao material virgem foi de mais de 342 mil tCO_2eq.

Tabela 1. Emissões em toneladas de carbono equivalentes para a produção com uso de insumos virgens e com uso de insumos secundários (reciclados)

Material	Papel e papelão	Plástico	Metal	Vidro	Total
Quantidade (t)	1.000.107,13	1.151.811,89	120.646,97	249.404,53	2.521.970,51
Emissões totais VIRGENS (tCO_2eq)	162.365,39	187.745,34	69.222,40	39.270,74	458.603,87
Emissões totais RECICLADOS (tCO_2eq)	47.927,13	31.165,73	2.753,16	34.067,16	115.913,19
Diferença de emissões VIRGENS X RECICLADOS (tCO_2eq)	114.438,26	156.579,61	66.469,24	5.203,58	**342.690,68**
Emissões de GEE a ser evitadas com a substituição de insumos virgens por insumos reciclados (tCO_2eq) ⇨					

No caso do papel e papelão, é possível realizar uma análise adicional quanto às emissões que deixariam de acontecer pelo fato de o material não ser enviado para aterros, onde sofreria processo de degradação anaeróbica. O cálculo estimado de emissões evitadas foi realizado por meio de método do IPCC, utilizando-se a ferramenta do GHG Protocol (versão 2025.0.1). Caso todo o papel e papelão com potencial de reciclabilidade identificado no Mapeamento fosse efetivamente reciclado em vez de disposto em aterro, deixariam de ser emitidas mais de 2.647 mil tCO_2eq em 2023, além de 26 mil tCO_2eq referentes a emissões biogênicas.

Tabela 2. Emissões projetadas em toneladas de carbono equivalente relativas à disposição do papel e papelão em aterros sanitários

Papel e papelão		
Massa disposta em aterros	t/ano	1.000.107,13
Emissões projetadas de CH_4 no ano inventariado	tCH_4/ano	94.555,57
Emissões projetadas em CO_2eq no ano inventariado*	tCO_2eq/ano	2.647.555,97
Emissões projetadas de CO_2 biogênico no ano inventariado	tCO_2/ano	26.662,17

**Para o cálculo na ferramenta GHG Protocol foram utilizados os parâmetros mais conservadores possíveis, uma vez que se trata de uma estimativa e não há dados completos que permitam uma análise detalhada.*

Este levantamento indica que poderiam ter sido evitadas as emissões de pelo menos 3 milhões de toneladas de CO2eq no ano de 2023 no Estado do Rio de Janeiro, caso os resíduos recicláveis aterrados fossem de fato reciclados.

Este número resulta de uma estimativa conservadora, já que o Mapeamento dos Recicláveis Pós-Consumo no Estado do Rio de Janeiro levanta informações apenas sobre a massa de resíduos com potencial de reciclabilidade que são dispostos em aterros. No estudo utilizado como base metodológica (Longo et al., 2019), é possível observar que, de posse de informações adicionais, como a rota real do transporte dos materiais e a infraestrutura das cooperativas e intermediários, é viável aplicar fatores de emissão mais completos sobre o ciclo de vida dos materiais. No caso relatado no artigo, a redução comparativa das emissões com o uso de materiais reciclados em lugar de virgens é ainda mais significativa, chegando a ser quatro vezes maior do que a obtida na estimativa simplificada desta Nota Técnica.

Para ilustrar a relevância dessa oportunidade de mitigação, considere que sete árvores, nos seus primeiros 20 anos de idade, sequestram – ou "compensam" as emissões – uma tonelada de carbono[9]. A quantidade de emissões que deixariam de ser emitidas em 2023 com a reciclagem equivalem ao processo de fixação do carbono por **21 milhões de árvores** em, no mínimo, **12 mil hectares plantados**; uma floresta equivalente em tamanho ao Município de Niterói.

Oportunidades em créditos de carbono

Projetos de recuperação de recicláveis oriundos de resíduos sólidos urbanos podem ser usados para geração de créditos de carbono no mercado voluntário, como já citado. Há uma metodologia estruturada e aprovada nos chamados Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) e padrão Gold Standard.

Diversos fatores interferem no valor do crédito de carbono. Entre eles: origem e qualidade do projeto gerador; país ou região onde o projeto está sendo desenvolvido; e a certificação por órgãos reconhecidos, que aumenta a credibilidade e confiabilidade e, consequentemente, o valor do crédito. No mercado brasileiro, em outubro de 2025, o preço médio do crédito de carbono variava entre US$ 5 e US$ 26 por tonelada.

Tomando as 3 milhões de toneladas de CO2eq identificadas nesta Nota Técnica, excluídas as biogênicas, e considerando a média global de 2024 do valor do crédito de carbono por 1 tonelada de CO_2eq evitada – US$ 4,80 ou, aproximadamente, R$ 25 – a reciclagem de resíduos pós-consumo no Estado do Rio de Janeiro poderia gerar, em um ano, **R$ 74,7 milhões em créditos de carbono**.

EXPEDIENTE: **Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan). Presidente:** Luiz Césio Caetano; **Diretor de Competitividade Industrial, Inovação Empresarial e Comunicação Corporativa:** Mauricio Fontenelle Moreira; **Gerente Geral de Competitividade**: Luis Augusto Azevedo; **Gerente de Sustentabilidade:** Jorge Peron Mendes; **Equipe Técnica:** Carolina Zoccoli, Juliana Ramos, Kayo Romay, Letícia Dutra, Lidia Aguiar, Luana Fernandes, Renata Rocha, Viviane Parente, Ana Beatriz Oliveira (estagiária) e Clarissa Ribeiro (estagiária). ✉ sustentabilidade@firjan.com.br

[9] Ibá – Instituto Brasileiro de Florestas. Compensação de CO2 com Plantio de Florestas.