



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE CEILÂNDIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA

A reciclagem de resíduos sólidos como ferramenta para redução da emissão de gases tóxicos do efeito estufa: estudo de caso em Cooperativas de reciclagem do Distrito Federal.

Júlia Luz Camargos Mesquita

Trabalho de Conclusão de Curso em Saúde Coletiva apresentado a Faculdade de Ceilândia da Universidade de Brasília para obtenção do Título de Bacharel em Saúde Coletiva .

Orientadora: Vanessa Resende Nogueira Cruvinel.

Brasília- DF

2021

Júlia Luz Camargos Mesquita

A reciclagem de resíduos sólidos como ferramenta para redução da emissão de gases tóxicos do efeito estufa: estudo de caso em Cooperativas de reciclagem do Distrito Federal.

Trabalho de Conclusão de Curso em Saúde Coletiva apresentado a Faculdade de Ceilândia da Universidade de Brasília para obtenção do Título de Bacharel em Saúde Coletiva .

Orientadora: Vanessa Resende Nogueira Cruvinel.

Banca Examinadora:

Dra. Vanessa R. N. Cruvinel
Faculdade Ceilândia - Universidade de Brasília

Dra. Jutta Gertrud Anna Gutberlet
University of Victoria, Department of Geography.

Dra. Dayani Galato
Faculdade Ceilândia - Universidade de Brasília

Brasília- DF

2021

AGRADECIMENTOS:

Se hoje escrevo este trabalho é porque Deus me abençoou com a vida e com uma família amorosa e apoiadora. Agradeço à minha mãe e ao meu pai pelos seus esforços para que eu pudesse estudar em uma Universidade Federal, meu acesso à educação sempre foi prioridade na vida deles.

Agradeço à minha orientadora Vanessa, aos meus professores da Faculdade Ceilândia, às pesquisadoras Jutta e Megan, por me inspirarem a seguir o caminho acadêmico e a buscar melhores políticas públicas em prol de uma sociedade mais equânime e sustentável.

Agradeço ao meu amor e aos meus amigos por me incentivarem a buscar os melhores resultados, por enxugar minhas lágrimas e por trazerem luz e ânimo toda vez que me faltava.

Agradeço à Sinara, trabalhadora da Recycle a Vida, que muito me ajudou nessa caminhada, estava sempre disposta a me ouvir e a tornar meu trabalho mais harmonioso. Agradeço também a minha colega de estágio do SLU, Katiuscia, que contribuiu com seu conhecimento técnico de engenharia química.

Às cooperativas Recycle a Vida, Coopere e Plasferro, por sua generosidade e disponibilidade. Ao Serviço de Limpeza Urbana pela transparência.

Aos catadores e catadoras de materiais recicláveis por exercerem seu trabalho com empenho e buscarem cada vez mais condições dignas de vida e um ambiente mais sustentável.

RESUMO:

A decomposição do lixo libera gases contribuintes para o Efeito Estufa, os quais geram mudanças climáticas no planeta. (King, et. al. 2013). Essas mudanças têm impacto negativo indireto, porém intenso, na saúde pública, sendo essa situação causada pela alteração nos ecossistemas (OPAS, 2008). Práticas como a Logística Reversa são estratégias de sustentabilidade que buscam reverter esse cenário (Lowe, 2005). A Reciclagem é parte fundamental dessa estratégia (Pokharel & Mutha, 2009). Portanto, faz-se interessante medir qual impacto a Reciclagem tem na redução dos Gases do Efeito Estufa (GEE) e assim contribuir para implementação de estratégias sustentáveis. Existem poucas pesquisas que buscam calcular a redução dos GEEs pela reciclagem. No Brasil existe uma na região de São Paulo que foi realizada no ano de 2013 por King et. al. utilizando a metodologia da Convenção Climática das Nações Unidas. Faz-se necessário expandir esse tipo de estudo, dessa forma o objetivo deste estudo é avaliar a aplicabilidade da metodologia utilizada por King et al 2013 para medir a redução dos gases do efeito estufa promovida pela reciclagem em cooperativas do Distrito Federal. Foi conduzido um estudo piloto transversal analítico a partir de um estudo de caso sobre a reciclagem nas cooperativas: Associação Recicle a Vida, Plasferro e Coopere, localizadas em Ceilândia - DF. Para coleta de dados foram utilizados relatórios das cooperativas do ano de 2019. A análise de dados foi realizada utilizando a metodologia de pequena escala do mecanismo de desenvolvimento limpo da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas(UNFCCC). As cooperativas conseguiram reduzir de 59% a 62% as emissões de GEE, levando em consideração o consumo energético. A reciclagem é um processo econômico em que viabiliza processos de produção de baixo custo e menos degradante ao meio ambiente. Evidente que essas cooperativas além de facilitarem um processo produtivo mais alinhado com o desenvolvimento sustentável, também contribuem com a prevenção de doenças relacionadas às mudanças climáticas.

LISTA DE ABREVIATURAS:

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRR - Instalação de Recuperação de Resíduos

GEE - Gases do Efeito Estufa

SLU - Serviço de Limpeza Urbana

UNFCCC - Convenção das Nações Sobre Mudança de Clima

INTRODUÇÃO:

Segundo a constituição federal de 1988 no artigo 225 capítulo VI do Título VIII, que versa sobre o meio ambiente, dispõe que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Em 2018, foram geradas no Brasil 79 milhões de toneladas de resíduos urbanos. Desse montante, 40,5% foi despejado em locais inadequados por 3.001 municípios. Ou seja, 29,5 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos acabaram indo para lixões ou aterros controlados, que não contam com um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente contra danos e degradações (ABRELPE, 2019).

No Distrito Federal (DF), apenas 300 toneladas (12%) do lixo urbano é reciclado, sendo essa atividade realizada pelos catadores de materiais recicláveis, que trabalham com resíduos sólidos em cooperativas e associações ou de forma autônoma (SLU, 2017). Também no DF, distrito em que se localiza a capital do Brasil, existia o maior lixão da América Latina, próximo ao Parque Nacional do Brasil (área de conservação) e à Cabeceira do Valo, ao longo da qual os pequenos produtores produzem hortaliças e frutas (SLU, 2017). Esse lixão cobria uma área de 201 ha, equivalente a 280 campos de futebol, chegava a receber 40 milhões de toneladas de resíduos durante o período de sua existência de quase 60 anos (SLU, 2017). Felizmente, com a construção de um aterro sanitário para a cidade, o segundo maior depósito de lixo a céu aberto do mundo foi oficialmente fechado em janeiro de 2018. (SLU, 2019)

A desativação do lixão significou grande mudança não só para a população da cidade, mas para um grupo específico de trabalhadores: os catadores, que em sua maioria trabalhavam sozinhos, somente 10% dos catadores estavam associados à cooperativas (IPEA, 2013). O Serviço de Limpeza Urbana do DF (SLU), consciente das mudanças sobre a vida dos catadores após o fechamento do lixão, firmou 28 contratos com as organizações de catadores, sendo 11 para coleta seletiva e 17 para triagem de materiais, dessa forma as cooperativas foram instaladas em centros e galpões fornecidos pelo SLU (SLU, 2018). A coleta seletiva é o recolhimento de materiais recicláveis (papel, plástico, metal e vidro) que não devem ser misturados ao lixo comum das residências ou local de trabalho. Essa coleta se

inicia desde a separação de orgânicos e recicláveis nas casas dos consumidores e vai até a catação pelos catadores de materiais recicláveis dentro das cooperativas (SLU, 2018).

As organizações de catadores começaram a surgir, no Brasil, após o I Congresso de Catadores de Materiais Recicláveis, em 2001 (Prates, 2011). Assim foi adotado por essa categoria um tipo de organização baseado na economia solidária/ecológica: as cooperativas, incentivadas por estratégias de inclusão social e impulsionadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Silva, 2017). Segundo Silva et.al (2017) as cooperativas foram uma solução adotada a fim de agregar valor ao produto e aumentar a renda dos catadores. O governo federal também criou algumas ferramentas para incentivar o crescimento do trabalho cooperado como o Decreto nº 7.405/2010 que institui o Programa Pró Catador e o Projeto Cataforte II de Logística Solidária.

A Economia Solidária e também a Economia Circular fazem parte de estratégias de sustentabilidade e têm sido pauta cada vez mais frequente na elaboração de políticas públicas que buscam proteger os recursos naturais e reduzir a degradação e a poluição ambiental (Lowe, 2005). A economia circular propõe que ao invés de funcionar de forma linear, a economia pode funcionar de forma circular, ou seja, o produto após descartado como resíduo pode retornar a fase inicial do processo de produção, tendo uma grande aplicação nas cooperativas porque essas unem o fator gestão de resíduos, a reciclagem, e o fator social, a busca por melhores condições de vida e trabalho. (Gutberlet, 2017).

Parte desse novo processo econômico é a Logística reversa que tem conceito similar com a reciclagem até certo ponto, o diferencial é que a logística reversa também inclui a consolidação e transporte de recicláveis e sua reintrodução na cadeia de produtos (Pokharel & Mutha, 2009). Segundo a política nacional de resíduos sólidos a logística reversa funciona como um instrumento de desenvolvimento econômico e social que viabiliza a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (Brasil, 2010)

Ao passar dos anos a produção de materiais que necessitam de um tempo maior para decomposição foi aumentada, como o plástico, em que foram produzidas 348 milhões de toneladas desse material no mundo, durante o ano de 2019 (Plastic Europe, 2019). Com base em cenários como este, 70 países de todos os continentes se reuniram em um grupo de trabalho aberto para elaboração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, projeto que

foi adotado pela Assembleia Geral da ONU em 2015, entre os objetivos está descrita a ação contra a mudança global do clima. (ONU, 2015)

O processo de decomposição do lixo libera gases do Efeito Estufa (GEE; também comumente expresso na literatura relacionada como Equivalentes de CO₂ [CO₂-eq.]) gases que geram mudanças climáticas no planeta (King et al, 2013). Os principais GEEs relevantes para o clima gerados por meio de atividades de gestão de resíduos sólidos são metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O)(Gentil et al., 2009; Machado et al., 2009). O efeito estufa e as mudanças climáticas relacionadas a ele têm impacto negativo indireto, porém intenso, na saúde pública, sendo essa situação causada pela alteração nos ecossistemas que por sua vez podem modificar a duração das estações, por exemplo, longos invernos, impactar no aumento ou diminuição de alguns vetores e aumentar a incidência de doenças infecciosas e doenças não transmissíveis. (OPAS, 2008)

A dificuldade em fornecer serviços de reciclagem e estender sua oferta a toda a população ameaça a saúde pública e a integridade ecológica. (Baud, Grafakos, Hordijk & Post, 2001; Gutberlet 2010; King et al, 2013).). Existem poucos estudos com essa temática no mundo todo, no Brasil existe um na região de São Paulo que foi realizado no ano de 2012, assim esta pesquisa poderá ampliar e instigar a produção acadêmica em relação ao papel dos catadores para proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Como a proteção da saúde pública é qualidade intrínseca da profissão do sanitarista, graduado em saúde coletiva, este estudo permitirá que esses profissionais visualizem os riscos do manejo de resíduos sólidos para a saúde da população e também criem possíveis soluções para gestão do lixo e proteção da saúde dos brasileiros. Dessa forma o objetivo deste estudo é avaliar a aplicabilidade da metodologia utilizada por King et al 2013 para medir a redução dos gases do efeito estufa promovida pela reciclagem em cooperativas do Distrito Federal. Além disso pretende-se analisar o impacto do trabalho dos catadores de materiais recicláveis (da reciclagem) na redução de gases do efeito estufa, fornecer subsídios para valorização do trabalho dos catadores de materiais recicláveis, produzir material capaz de sensibilizar o serviço de limpeza urbana e empresas públicas e privadas a investir na logística reversa, incentivar a economia circular para as empresas brasileiras e instigar os gestores brasileiros a priorizar a proteção ambiental por meio da coleta seletiva.

METODOLOGIA:

Tipo e Local de estudo:

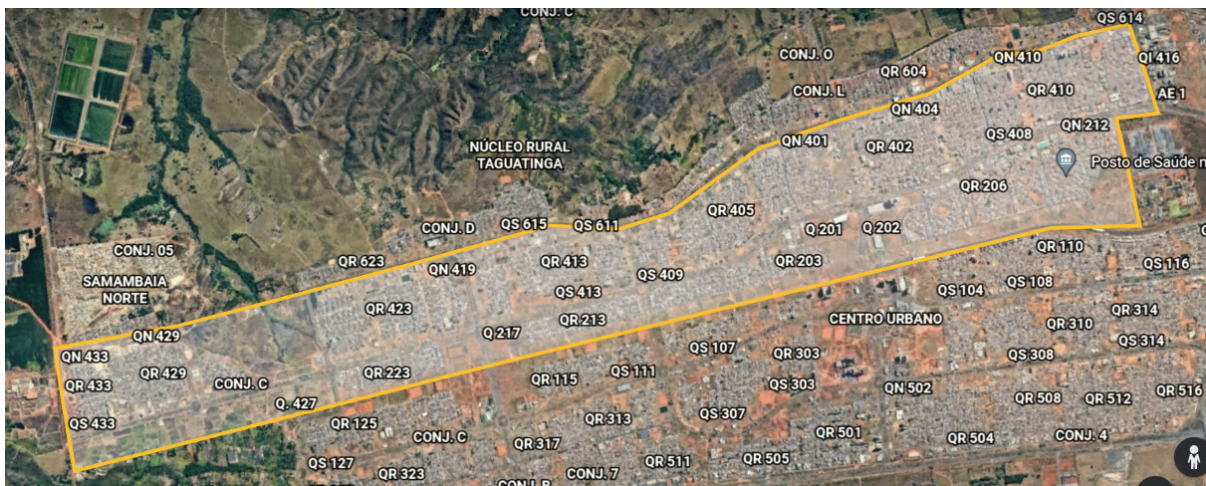
Estudo transversal analítico a partir de um estudo de caso sobre a reciclagem (trabalho exercido pelos catadores de materiais recicláveis) da Associação Recicle a Vida, estabelecida em unidade própria em Ceilândia e das cooperativas Plasferro e Coopere que se localizam dentro da IRR de Ceilândia do SLU. A origem dos resíduos reciclados pela associação vem de Samambaia, com população estimada de 232.893 (duzentos e trinta e dois mil oitocentos e noventa e três) habitantes, porém são recolhidos os resíduos das quadras com numeração 200 a 227 e 400 a 433. Os resíduos da Plasferro e da Coopere são recolhidos em Ceilândia com população estimada de 432.927 (quatrocentos e trinta e dois mil novecentos e vinte e sete) habitantes (PDAD,2018). Sobre a população residente nessas cidades, 40% de Ceilândia e 38% de Samambaia, nasceram em outros estados e a maioria veio à capital para acompanhar familiares ou em busca de trabalho. Do nível de escolaridade em ambas regiões 96% da população declara saber ler e escrever e 38% completaram o ensino médio. Em Ceilândia 22,4% da população trabalha como autônomo ou por conta própria, em Samambaia esse número varia pouco marcando 17,5% dos residentes. Da população apta a trabalhar, a maioria recebe até 2 salários mínimos (55% dos residentes).

Figura 1. Mapa da Região Administrativa de Ceilândia.



Fonte: google earth. Latitude -15,8389528 Longitude -48,1077846

Figura 2. Mapa da Região Administrativa de Samambaia.



Fonte: google earth. Latitude -15,8941599 Longitude -48,139532

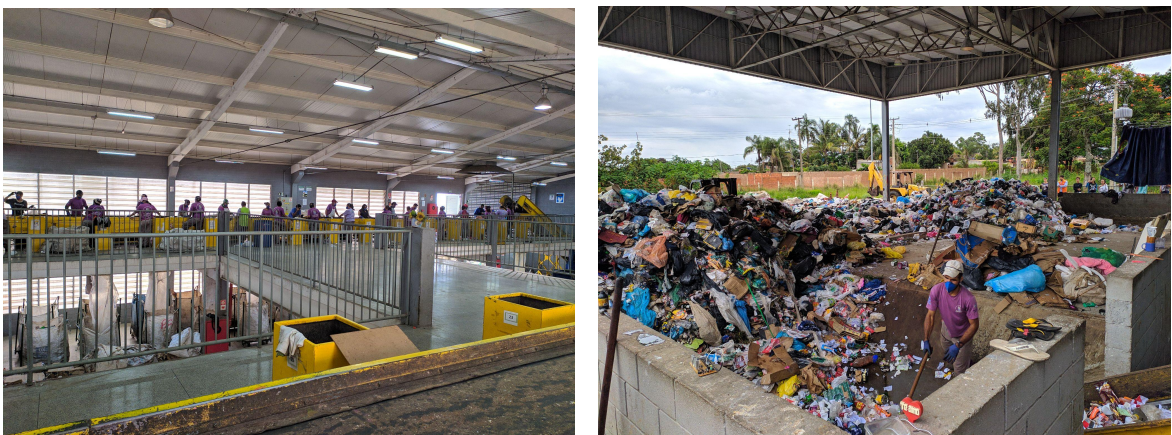
Coleta de dados:

A coleta de dados foi realizada nas cooperativas com a utilização de dados secundários de gravimetria dos materiais (papel, polipropileno de alta densidade (PEAD), polipropileno baixa densidade (PEBD), (PET), vidro, alumínio e aço), coleta seletiva, máquinas envolvidas e logística reversa, número de trabalhadores, sexo, idade média, e horário de trabalho. Além disso, também foram utilizados dados secundários sociodemográficos sobre as regiões geradoras de resíduos via relatório da CODEPLAN. O instrumento de coleta foram relatórios, tabelas e planilhas com os tipos resíduos, valor de mercado, quantidade vendida, tipo de equipamentos utilizados, horário de funcionamento dos equipamentos e consumo energético dos equipamentos utilizados incluindo os caminhões de coleta, do ano de 2019. Os dados referentes ao fornecimento de energia via hidrelétrica foram coletados no Anuário Estatístico de Energia Elétrica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Utilizou-se como base esse ano (2019), pois devido a pandemia de COVID-19, os dados dos anos mais recentes possuem incongruências.

Figura 3 e 4. Imagem da Cooperativa Recicle a Vida



Figura 5 e 6. Imagem da IRR de Ceilândia do SLU (Plasferro e Coopere)



Análise dos dados:

A análise de dados foi realizada utilizando a metodologia de pequena escala de recuperação e reciclagem de material por resíduo sólido e suas respectivas ferramentas metodológicas do mecanismo de desenvolvimento limpo da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas(UNFCCC). Foram utilizadas três das ferramentas: ferramenta para calcular o fator de emissão para um sistema elétrico, ferramenta para calcular linha de base, linha de projeto e emissões vazadas por consumo de eletricidade de emissões de locais de disposição de resíduos sólidos.

As ferramentas estão relacionadas ao consumo de eletricidade, pois para produção de bens de consumo nos dois cenários (linha de base e linha de projeto) a fonte principal de energia é proveniente de hidrelétricas, cujo funcionamento depende do alagamento de áreas

florestais. Apesar de parecer uma fonte de energia limpa, o alagamento de áreas de floresta tropical permite a decomposição desses sedimentos no fundo dos reservatórios emitindo CH₄-metano (Fearnside, 2015). Portanto, para este estudo foram adotados fatores de emissão de gases do efeito estufa para reservatórios de hidrelétricas, conforme a literatura, de 0,2 - 0,34 kg CO₂-eq./kWh. (Dones, Heck and Hirschberg, 2004)

As ferramentas se complementam para calcular a redução dos gases do efeito estufa com a utilização de materiais reciclados na produção de bens e produtos. Para calcular a redução da emissão é necessário utilizar três variáveis: uma linha de base em que somente são utilizados recursos virgens para produção, uma linha de projeto em que os resíduos sólidos são reciclados e utilizados na produção e uma linha que mede as emissões vazadas associadas ao consumo de eletricidade. Ao subtrair essas variáveis encontramos a redução da emissão dos gases do efeito estufa conforme a equação abaixo:

[Equação 1] $ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$

Em que:

- RE_y: Redução das emissões no ano y (tCO₂ eq);
- BE_y: Emissões da linha de base no ano y (tCO₂ eq);
- PE_y: Emissões do projeto no ano y (tCO₂ eq);
- LE_y: Emissões de vazamento por consumo de eletricidade no ano (tCO₂ eq).

Para o cálculo da linha de base para reciclagem, a AMS.III-AJ estipula que se deve levar em conta as emissões relacionadas ao consumo de energia elétrica e de combustíveis fósseis para a produção do PEAD, PEBD e PET e são obtidas aplicando a seguinte equação:

[Equação 2] $BE_y = \sum [Q_{i,y} \times L_i \times (SEC_{Bl,i} \times EF_{el,y} + SFC_{Bl,i} \times EF_{FF,CO_2})]$

Em que:

BE_y = Emissões da Linha de Base no ano y (tCO₂ eq y -1);

i = Índices para o tipo de material i (i = 1,2,3 para PEAD, PEBD e PET);

Q_{i,y} = Quantidade do plástico tipo i reciclado no ano t (t y -1);

L_i = Fator de ajuste para compensar a degradação da qualidade do material e as perdas do material no processo de produção do produto utilizando o material reciclado;

$SEC_{Bl,i}$ = Consumo específico de energia elétrica para a produção do material virgem tipo i (MWh t⁻¹);

$EF_{el,y}$ = Fator de emissão do rede de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente (tCO2 MWh⁻¹);

$SFC_{Bl,i}$ = Consumo Específico de combustíveis para a produção do material virgem do tipo i (GJ t⁻¹);

$EF_{ff,CO2}$ = Fator de emissão de CO2 para o combustível fóssil (tCO2 GJ⁻¹).

Para o cálculo da linha de base para reciclagem, a AMS.III-AJ estipula que se deve levar em conta as emissões relacionadas ao consumo de energia elétrica e de combustíveis fósseis para a produção do vidro, do alumínio, do aço, do papel e do papelão e são obtidas aplicando a seguinte equação:

[Equação 3] $BE_y = \sum [Q_{i,y} \times L_i \times (SEC_{Bl,i} \times EF_{el,y})]$

Em que:

BE_{vpp} = Emissões de linha de base no ano y (tCO2 / y)

$Q_{i,y}$ = Quantidade de material i reciclado no ano y (t/a)

L_i = Fator de ajuste cobrir a degradação do material qualidade e perda de material no processo de produção do produto final produto usando o material reciclado (use 0,88)

$SEC_{Bl,i}$ = Consumo específico de eletricidade para a produção de matérias-primas (MWh / t).

$EF_{el,y}$ = Fator de emissão do rede de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente (tCO2 MWh⁻¹);

$EF_{ff,CO2}$ = Fator de emissão de CO2 para o combustível fóssil (tCO2 GJ⁻¹).

Quadro 1. Fatores de Correção (L_i) e variáveis de consumo específico de eletricidade para produção com recursos virgens e reciclados, $SEC_{Bl,i}$, $SFC_{Bl,i}$ e SEC_{rec} (King, 2012)

Material (i)	Matéria-Prima $SEC_{Bl,i}$	Material reciclado SEC_{rec}	Fator de ajuste L_i
Metal [#]	6,84	1,78	0,84
Alumínio [#]	17,6	0,7	0,9 - 1,0*
Vidro [#]	4,83	4,19	0,88 - 1,0*

Papel e papelão [#]	4,98		1,47	0,82
	SFC _{Bl,i}	SEC _{Bl,i}		
PEAD ^{&}	4,17	0,83	0,83	0,75
PEBD ^{&}	4,17	1,67	0,83	0,75
PET ^{&}	4,17	1,11	0,83	0,75

Valores #: SFC_{Bl,i} e SEC_{rec} (Pimenteira, et al., 2004; Gomes & Nóbrega, 2005); Valores L_i: Rigamonti, et al. (2009), exceto para papel / papelão (Merrild, et al., 2009) e alumínio (Damgaard, Larsen & Christensen, 2009).

Valores &: SFC_{Bl,i} e SEC_{Bl,i} padrões de acordo com a metodologia (UNFCCC, 2011a).

* O fator de ajuste pode ser 1,0 para vidro e alumínio porque ambos os recursos podem ser totalmente reciclados (circuito fechado) ao produzir o mesmo produto [ICF Consulting, 2005]

Para a linha de projeto a AMS.III-AJ estipula que se deve levar em conta as emissões relacionadas ao consumo de energia elétrica para produção de bens e produtos com materiais reciclados aplicando a seguinte equação:

$$\text{[Equação 4]} \quad PE_y = \sum (Q_{i,y} \times SEC_{rec} \times EF_{el,y})$$

Em que:

$Q_{i,y}$ = Quantidade de material i reciclado no ano y (t/a)

SEC_{rec} = Consumo específico de eletricidade para recurso reciclado (MWh / t).

$EF_{el,y}$ = Fator de emissão do rede de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente (tCO2 MWh -1);

Para as emissões de vazamento associadas ao consumo de eletricidade são calculadas usando a ferramenta para calcular a linha de base, projeto e / ou emissões de vazamento de eletricidade consumo, com a seguinte equação:

$$\text{[Equação 5]} \quad LE_{EC,Y} = \sum EC_{LE,l,y} \times EF_{EF,l,y} \times (1+TDL_{l,y})$$

Em que:

$LE_{EC,Y}$ = Emissões de vazamento do consumo de eletricidade no ano y (tCO2 / y).

Use 0,001 - 0,0026

$EC_{LE,l,y}$ = Aumento líquido no consumo de eletricidade da fonte l no ano y como resultado de vazamento. (use 0,19)

$EF_{EF,l,y}$ = Fator de emissão para geração de eletricidade para a fonte l no ano y (tCO₂ / MWh).

Use 0,22 - 0,38.

$TDL_{l,y}$ = Perdas técnicas médias de transmissão e distribuição para fornecer eletricidade para a fonte l no ano y. Use 0,03 (dados padrão de acordo com o metodologia)

O processo de avaliação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) não foi necessário por se tratar de uma pesquisa em que são utilizados somente de dados secundários conforme a Resolução n°510 de 2016 do Conselho Nacional de Saúde que dispõe as normas aplicáveis a pesquisas científicas e quais pesquisas não serão avaliadas e registradas pelo CEP no artigo 1° inciso V. Não houve financiamento.

RESULTADOS

Das três cooperativas foram coletados alguns dados sociodemográficos para elucidar o perfil produtivo dos trabalhadores que exercem a catação de materiais recicláveis. Os dados de número de trabalhadores por cooperativa, sexo, idade média, e horário de funcionamento estão descritos na tabela 1. Pode ser observado que a cooperativa com maior número de colaboradores é a Plasferro com 85 trabalhadores, em sua maioria mulheres. Coopere e Recicle a Vida possuem quantidades equivalentes de trabalhadores e também apresentam maior quantitativo feminino. A idade média para os catadores das três cooperativas é de 33 anos de idade. Quanto ao horário de funcionamento, a Recicle a Vida registra o horário padrão brasileiro de 45 horas semanais com máquinas em funcionamento, já a Coopere e a Plasferro estão ativas 75 horas semanais.

Tabela 1. Dados Sociodemográficos das Cooperativas: Recicle a Vida, Coopere e Plasferro, do ano de 2019.

Cooperativa	Número de trabalhadores	Sexo		Idade Média (em anos)	Horário de funcionamento
		F	M		
Recicle a Vida	62	38	24	41	7 às 17 horas. Sábado 8 às 12 horas.
Coopere	64	36	28	30	7 às 21 horas. (há divisão de turnos)
Plasferro	85	64	21	30	7 às 21 horas. (há divisão de turnos)

Fonte: dados secundários do relatório anual das respectivas cooperativas.

Para levantar os dados da quantidade de materiais reciclados por mês por cada empresa, foi preciso levar em consideração que a Recicle a Vida é uma cooperativa que realiza sua própria coleta, portanto possui seus dados completos e bem separados. Já a Coopere possui dois caminhões próprios de coleta e também dois contratos com o SLU, um contrato de coleta seletiva e um contrato de triagem e que a Plasferro não possui contrato de triagem, logo, recebe apenas o lixo coletado porta a porta pelo SLU. Assim, no contrato de coleta seletiva a Coopere recebe, em média, 1/3 da quantidade total de caminhões do SLU que chegam na IRR semanalmente, enquanto a empresa Plasferro recebe os outros 2/3.

A cooperativa Recicle recolhe por ano 327 toneladas de material reciclável, a Coopere recebe 1237,75 toneladas e a Plasferro recebe 1309,01 toneladas (Quadro 3). As Cooperativas Plasferro e Coopere trabalham no mesmo espaço, na IRR (Instalação de Recuperação de Resíduos) do Psul, essas cooperativas estabeleceram um acordo para reciclagem de PEAD e PEBD, portanto a Coopere só recicla PEBD e a Plasferro só recicla PEAD, para os demais materiais cada uma trabalha conforme seu contrato com o SLU. (Quadro 3)

Quadro 2. Quantitativo de material reciclado, em toneladas, no ano de 2019, por cada cooperativa:

Cooperativa	Recicle a Vida	Coopere	Plasferro
Tipo de resíduo	(t)	(t)	(t)
PEAD	22,5	0	127,57
PEBD	19	47,33	0
PET	20	142	209,38
Papel e papelão	208	726,73	709,52
Vidro	28	195,03	161,79
Alumínio	2,6	45,39	0,3
Aço	27	81,27	100,45
Total	327	1237,75	1309,01

Fonte: dados do relatório de gravimetria das respectivas cooperativas.

No cálculo da quantidade de combustível (Quadro 3) consumido no que envolve a coleta seletiva, foi preciso fazer as seguintes considerações: Utilizou-se a máxima de que cada caminhão, em média, consumiu 3,5 litros/km percorridos, pois mesmo que os caminhões utilizem o diesel, costumam percorrer rotas com suas caçambas com toneladas de lixos, e costumam parar com frequência ao longo do caminho, o que faz com que consuma uma maior quantidade de combustível. Sabe-se que a IRR percorre, em média, 7.280 km/mês, logo, utilizou-se a proporção de 1 para 3 km para a Coopere e 2 para 3 km para a Plasferro. No cálculo de combustível da Coopere foi necessário acrescentar a quantidade que os dois caminhões próprios da cooperativa utilizaram ao longo do ano para a coleta própria. Além de considerar também a quantidade de gás GLP utilizado nas empilhadeiras de todas as cooperativas para o transporte do lixo, fazendo a conversão de gás GLP para óleo diesel, o mesmo utilizado nos caminhões. Para isto, utilizou-se a seguinte conversão: 1m^3 de GLP = $0,64\text{m}^3$ de Diesel.

Também foi contabilizado o consumo energético de cada cooperativa durante o ano de 2019, como descrito no Quadro 3, levando em consideração todas as máquinas utilizadas no processo de reciclagem: esteiras, prensas e máquina de moagem.

Quadro 3. Consumo energético anual por cada Cooperativa, em 2019.

Cooperativa	Combustível (m ³) (Diesel e GLP em m ³)	Eletricidade (GWh)
Recicle a Vida	5,182 m ³	0,045 GWh
Coopere	20,806 m ³	0,028 GWh
Plasferro	21,147 m ³	0,028 GWh

A quantidade de rejeito (Quadro 4) deve ser demonstrada para visualizar a qualidade do montante do resíduo que chega em cada cooperativa e também a proporção de resíduo encaminhada para o Aterro Sanitário. A cooperativa Recicle a Vida rejeitou 16,6% dos resíduos que chegaram na cooperativa no ano de 2019, a Coopere rejeitou 75,3% e a Plasferro rejeitou 80,3%. Importante observar nas tabelas anteriores que a quantidade de rejeito relatada no relatório é a mesma tanto para a Coopere quanto para a Plasferro, pois tudo que sai da IRR é levado para o aterro sanitário, sem distinção de empresa. Logo, utilizou-se a mesma proporção utilizada para o cálculo do combustível (1/3 Coopere e 2/3 Plasferro), levando em conta a quantidade de funcionários e de resíduos processados por cada uma.

Quadro 4. Quantitativo de rejeito, em toneladas, no ano de 2019, por cada cooperativa:

Cooperativa	Rejeito em Toneladas
Recicle a Vida	65,36
Coopere	2.007,60
Plasferro	4.015,20

No quadro 5, 6 e 7 podem-se observar: emissões de base (BE), as demonstram como seria o cenário das emissões de gases do efeito estufa sem a reciclagem e com um processo produtivo que utiliza exclusivamente recursos virgens, as emissões de projeto (PE), as quais demonstram o cenário real em que uma determinada quantidade de materiais é reciclada por cada cooperativa e este material é incorporado no processo produtivo por meio da logística

reversa. As emissões reduzidas (ER) são um resultado da subtração de BE por PE, assim obtendo o diferencial entre os dois cenários, sendo assim é possível verificar nos quadros 5, 6 e 7 o quantas emissões de gases do efeito estufa foram reduzidas pela reciclagem por cada cooperativa. Vale ressaltar que para cada linha de cálculo foram levados em consideração dois fatores de emissão de carbono por hidrelétricas: $EF_{el,y} = 0,22$ e $0,38$.

Quadro 5. Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa, em 2019, em toneladas, pela cooperativa Coopere:

$EF_{el,y}$ (tCO ₂ /MWh)	0,22	0,38	0,22	0,38	0,22	0,38
Tipo de Recurso	Emissões de Base BE _y		Emissões Projetadas PE _y		Emissões reduzidas ER _y	
PEBD	42,8	52,3	8,6	14,9	34,2	37,4
PET	115,4	134,3	25,9	44,7	89,5	89,5
Papel e papelão	652,8	1127,7	235,0	405,9	417,8	721,7
Vidro	182,3	315,0	179,7	310,5	2,5	4,4
Alumínio	175,7	303,5	6,9	12,0	168,7	291,4
Aço	102,7	177,4	31,8	54,9	70,9	122,4
Total	1272,0	2110,4	488,1	843,2	783,8	1267,2

Quadro 6. Redução das Emissões Gases do Efeito Estufa, em 2019, em toneladas, pela cooperativa Plasferro:

$EF_{el,y}$ (tCO ₂ /MWh)	0,22	0,38	0,22	0,38	0,22	0,38
Tipo de Recurso	Emissões de Base BE _y		Emissões Projetadas PE _y		Emissões reduzidas ER _y	
PEAD	97,8	110,5	23,2	40,2	74,5	70,3
PET	170,2	198,1	38,2	66,0	132,0	132,1
Papel e papelão	637,4	1101,0	229,4	396,3	407,9	704,6

Vidro	151,2	261,3	149,1	257,6	2,1	3,7
Alumínio	1,1	2,0	0,0	0,0	1,1	1,9
Aço	126,9	219,3	39,3	67,9	87,6	151,3
Total	1184,9	1892,3	479,5	828,2	705,4	1064,1

Quadro 7. Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa, em 2019, em toneladas, pela cooperativa Recicle a Vida:

EFel,y (tCO ₂ /MWh)	0,22	0,38	0,22	0,38	0,22	0,38
Tipo de Recurso	Emissões de Base BEy		Emissões Projetadas PEy		Emissões reduzidas ERy	
PEAD	17,2	19,4	4,1	7,0	13,1	12,4
PEBD	17,2	21,0	3,4	5,9	13,7	15,0
PET	16,2	18,9	3,6	6,3	12,6	12,6
Papel e papelão	186,8	322,7	67,2	116,1	119,5	206,5
Vidro	26,1	45,2	25,8	44,5	0,3	0,6
Alumínio	10,0	17,3	0,4	0,6	9,6	16,6
Aço	34,1	58,9	10,5	18,2	23,5	40,6
Total	307,9	503,7	115,2	199,1	192,6	304,6

Quanto às emissões em números absolutos medidas em toneladas, a Coopere conseguiu reduzir 783,8 - 1267,2 (Quadro 5) toneladas de carbono o que equivale a 61,6% - 60% (Quadro 8) das emissões de 2019. Na Plasferro foi possível reduzir 705,4 - 1064,1 (Quadro 6) toneladas de CO₂, equivalente a 56,2% - 59,5% (Quadro 8) das emissões de carbono dos seus resíduos. A Recicle a Vida conseguiu reduzir 192,6 - 304,6 (Quadro 7) toneladas de carbono, em 2019, equivalente a 62,5% - 60,4%. (Quadro 8)

O percentual descrito no quadro 8 demonstra quantas emissões de gases do efeito estufa foram reduzidas pela reciclagem por material, proporcionalmente, em cada cooperativa sendo: toneladas reduzidas ER por tipo de material vezes 100 dividido pelas toneladas totais

emitidas em BE por tipo de material. Conforme a equação: $\frac{ERi \times 100}{BEi}$ em que i é o tipo de material.

Quadro 8. Percentual de Emissões Reduzidas de Gases do Efeito Estufa, em 2019, em toneladas, por Cooperativa.

EFel,y (tCO2/MWh)	0,22	0,38	0,22	0,38	0,22	0,38
Tipo de Recurso	Recycle a Vida		Coopere		Plasferro	
PEAD	76,1	63,5	0	0	76,1	63,6
PEBD	79,8	71,4	79,8	71,4	0	0
PET	77,5	66,6	77,5	66,6	77,5	66,6
Papel e papelão	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0
Vidro	1,41	1,41	1,4	1,4	1,4	1,4
Alumínio	96,0	96,0	96,0	96,0	95,9	95,9
Aço	69,5	69,01	69,0	69,0	69,0	69,0
Total	62,5	60,4	61,6	60,0	59,5	56,2

DISCUSSÃO

O alerta sobre os problemas climáticos relacionados ao efeito estufa provocado pelos homens devido ao aumento das emissões de carbono na atmosfera foi emitido pela primeira vez em 1950 (OPAS, 2008). Desde então se busca analisar a progressão do efeito estufa e buscar soluções que possam mitigar a emissão de gás carbônico, entre elas estão a coleta seletiva, a reciclagem e a logística reversa.

Neste estudo foi possível identificar que o trabalho dos catadores de materiais recicláveis reduz de 59% a 62% (Quadro 8) as emissões de CO₂ ao ano. Esse cenário também foi identificado no estudo de 2013, de King et. al, em Ribeirão Pires, no qual foi registrado, pela cooperativa Cooperpires 60% a 62% de redução na emissão de gases tóxicos do efeito estufa. A fim de comparar com as três cooperativas deste estudo é importante levar em

consideração a quantidade de resíduos, já que as cooperativas Coopere e Plasferro recebem 2.662t e 4.605t toneladas respectivamente a mais que a Recycle (contabilizando rejeitos).

Dessa forma, é possível analisar os percentuais de redução de emissão de gases tóxicos e de rejeito. Em que a cooperativa Recycle registrou o maior percentual de redução nas emissões de carbono com 62,5% - 60,4% (Quadro 8) e a menor proporção de rejeitos 16,6%, infere-se que a qualidade do resíduo sólido coletado por essa cooperativa permite a reciclagem de um maior número de materiais, também pode ser compreendido que apesar do consumo de energia elétrica, advinda de hidrelétricas, ser maior para essa cooperativa, a qualidade dos seus resíduos propiciou uma maior redução dos Gases do Efeito Estufa. Essa qualidade do material pode ser associada às atividades educativas realizadas por essa cooperativa, em sua região de coleta, por meio deste diferencial, o trabalho dos catadores é reconhecido pela população a qual investe seu tempo em separar os resíduos adequadamente.

Os resultados das outras cooperativas em relação à redução das emissões, apesar de próximos, podem se dar devido à quantidade de material elevada, e ao menor uso de eletricidade na sua produção, entretanto sua quantidade de rejeitos é bastante elevada, contabilizando 75% a 80% de todo o material recebido por elas. No ano de 2019, o Aterro Sanitário de Brasília recebeu 800 mil toneladas de rejeito, o trabalho das cooperativas deste estudo conseguiu impedir que mais 2.873,76 toneladas de material não biodegradável fossem adicionadas a esse montante. O trabalho dos catadores é fundamental para manter a vida útil do Aterro e também reduzir o impacto que esses resíduos causariam em nosso ambiente. Sendo assim, seria interessante conduzir um estudo de maior extensão para medir as reduções de metano CH₄, em todas as cooperativas, a fim de metrificar a redução desse gás quando se impede o depósito de rejeitos por meio da reciclagem e da logística reversa. Neste estudo piloto não foi possível realizar tal comparação pois as cooperativas não contabilizam seu rejeito por tipo de material e sim como um único lote mensal.

Em estudo semelhante realizado na cooperativa MONTESUL- Associação Montes Claros de Catadores de Recicláveis (Maia, 2020), atuante em 37 bairros da cidade de Montes Claros -MG, foi contabilizada uma redução de 325 toneladas de CO₂, em um período de cinco meses (Maia, 2020), valor este equivalente ao das cooperativas brasileiras com cobertura geográfica semelhante Coopere de 783,8 - 1267,2 toneladas por ano e Plasferro de 705,4 - 1064,1 toneladas por ano, o que corresponde respectivamente a 391,9 - 633,6 toneladas e 352,7 - 532,0 toneladas, em cinco meses.

A reciclagem é um processo econômico em que viabiliza processos de produção de baixo custo e menos degradante ao meio ambiente, enquanto 1 tonelada de plástico gasta 7 mil kWh para ser produzida e emite 5.313,96 kgCO₂ (Pereira, 1995) a reciclagem, de acordo com os dados deste estudo, gasta o equivalente a 137 kWh para reciclar 1 tonelada de resíduo, 6.863 kWh a menos do que a produção utilizando matéria prima. Esse tipo de análise conduzida pelos estudos de emissão de carbono tem produzido dados que embasam a adoção de políticas fundamentadas na economia circular, pois demonstram a sua eficiência e potencial de contribuição para o desenvolvimento sustentável, em que os produtos estão em ciclo, o bem de consumo é produzido, utilizado, reciclado e entra para o processo de produção novamente.

Evidente que essas cooperativas além de facilitarem um processo produtivo mais alinhado com o desenvolvimento sustentável, também contribuem com a prevenção de doenças relacionadas às mudanças climáticas. Essa alteração no sistema climático possibilita o aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica, de emergências de doenças infecciosas, de doenças com transmissão por vetores (mosquito), de fome, de desnutrição e até de doenças mentais. (Barcellos, 2009). Por sua vez, essas doenças as quais surgiram ou surgirão, tem nexos multifatorial, acredita-se que o efeito estufa tem grande papel entre os determinantes dos riscos ambientais em que os seres humanos estão expostos, pois alteram os ecossistemas, podendo provocar a perda de produção agrícola, causar acidentes e desastres (inundações, secas, queimadas) e afetar a biodiversidade.

CONCLUSÃO

As cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos certamente contribuem com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e com Política Nacional sobre Mudança de Clima, graças à redução de 60% da emissão de gás carbônico, no período de um ano. Essas instituições são peças fundamentais para preservação ambiental, para compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático e para alcançar os compromissos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto.

O manejo e o gerenciamento de resíduos, no Brasil, ainda tem um longo caminho a percorrer para reduzir os impactos ambientais e prevenir doenças advindas dessa situação, muito se esquecem dos principais atores necessários para alcançar a melhoria da situação do lixo, são eles o grupo de trabalhadores que lida diariamente e diretamente com os resíduos

urbanos: Os catadores de materiais recicláveis. Faz-se necessário o investimento em estudos como esse que podem quantificar o impacto da reciclagem e são capazes de demonstrar seus benefícios para o desenvolvimento de um ambiente mais sustentável.

REFERÊNCIAS:

ABRELPE 2019. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019.

BARCELLOS, Christovam et al . Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília , v. 18, n. 3, p. 285-304, set. 2009 .

BAUD, I., Grafakos,S., HordijK,M., & Post,J.(2001). Quality of Life and Alliances in Solid Waste Management: Contributions to Urban Sustainable Development.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia Anuário estatístico de Energia Elétrica de 2020 ref.2019/BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde.Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil /BRASIL. Ministério da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008.

DAMGAARD, A., Larsen, A.W., Christensen, T.H., 2009. Recycling of metals: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research* 27, 773–780.

DONES, R., Heck, T.,& Hirschberg, S.(2004). Greenhouse gas emissions from solid wastes: Development of the wasted model. *Waste Management*, 26,886-901.

EPE Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 ano base 2019 2020 Statistical Yearbook of electricity 2019 baseline year

FEARNSIDE, Philip. (2015). Tropical Hydropower in the Clean Development Mechanism: Brazil's Santo Antônio Dam as an example of the need for change. *Climatic Change*. 131. 10.1007/s10584.

GOMES, H.P., Nóbrega, C.C., 2005. Economic viability study of a separate household waste collection in a developing country. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 7, 116–123.

GUTBERLET, J., 2010. Waste, poverty and recycling. *Waste Management* 30 (2), 171– 173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.11.006>.

GUTBERLET J, Carezzo S, Kain J-H, Mantovani Martiniano de Azevedo A. Waste Picker Organizations and Their Contribution to the Circular Economy: Two Case Studies from a Global South Perspective. *Resources*. 2017;

GUTBERLET, J. and Carezzo, S., 2020. Waste Pickers at the Heart of the Circular Economy: A Perspective of Inclusive Recycling from the Global South. *Worldwide Waste: Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(1), p.6.

ICF Consulting, 2005. Determination of the Impact of Waste Management Activities on Greenhouse Gas Emission: 2005 Update. Final Report.

IPEA. Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável – brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA 2013.

KING, M. F. Evaluating the contribution of cooperative sector recycling to the reduction of greenhouse gas emissions: An opportunity for recycling cooperatives in São Pauli to engage in carbon credit market. Master of Arts in the Department of Geography at the University of Victoria, 2012.

KING M.F., Gutberlet J. Contribution of cooperative sector recycling to greenhouse gas emissions reduction: A case study of Ribeirão Pires, Brazil. 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.031>

LOWE, E. Economic Solutions. In Environmental Solutions; Agardy, F.J., Nemerow, N.L., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2005; pp. 61–114.

MAGALHÃES B.J. LIMINARIDADE E EXCLUSÃO: os catadores de materiais recicláveis e suas relações com a sociedade brasileira. Dissertação em antropologia - Universidade Federal de Minas Gerais 2012.

MAIA, P. B. A Economia ambiental proporcionada através da reciclagem pela associação montes claros de catadores de recicláveis – montesul . Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade,[s. i.], v.2, n.02 p 105-113,2020.

MEDINA, M., 2008. The informal recycling sector in developing countries: organizing waste pickers to enhance their impact.

MERRILD, H., Damgaard, A., Christensen, T.H., 2009. Life cycle assessment of waste paper management: the importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration. Resources, Conservation & Recycling 52 (12), 1391–1398.

PEREIRA, Neto, J. T. Quanto vale nosso lixo. Ed. independente. Viçosa: IEF/UNICEF, 1995.

PIMENTEIRA, C.A.P., Pereira, A.S., Oliveira, L.B., Rosa, L.P., Reis, M.M., Henriques, R.M., 2004. Energy conservation and CO₂ emission reductions due to recycling in Brazil. Waste Management 24, 889–897.

PUIGA R., Palmerb P. F., Baqueroa G., Riba J. R., Bala A., A Cumulative Energy Demand Indicator (CED), life cycle based, for industrial waste management decision making.

PRATES, Carlos Inácio Tem algo podre no lixo? A coleta do lixo em hospitais públicos de Brasília. / Carlos Inácio Prates. -- 2011.

RIGAMONTI, L., Grosso, M., Giugliano, M., 2009. Life cycle assessment for optimising the level of separated collection in integrated MSW management systems. Waste Management 29, 934–944.

SILVA, S. P. A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro 2017.

SIQUEIRA, Mônica Maria; MORAES, Maria Silvia de. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro , v. 14, n. 6, p. 2115-2122, Dec. 2009 .

SLU, Serviço de Limpeza Urbana. Construindo um novo modelo de gestão dos resíduos sólidos do Distrito Federal, Relatório de atividades SLU, 2016. 1st edition. Brasília, DF, Brasil: Governo do Distrito Federal; 2017.

SLU, Serviço de Limpeza Urbana. Relatório de atividades SLU, 2017. 1st edition. Brasília, DF, Brasil: Governo do Distrito Federal; 2018.

SLU, Serviço de Limpeza Urbana. Relatório de atividades SLU, 2018. 1st edition. Brasília, DF, Brasil: Governo do Distrito Federal; 2019.

UNITED NATIONS, Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2010). AMS-III.A.J.: Recovery and recycling of materials from solid wastes - Version 3.0 UNFCCC.

UNITED NATIONS, Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2010). AMS-III.A.J.: Tool to calculate the emission factor for an electricity system - Version 2.2.1 UNFCCC.

UNITED NATIONS, Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2010).
AMS-III.A.J.: Tool to calculate baseline, project line and/or leakage emissions from
electricity consumption. Version 1 UNFCCC.