

COMERCIALIZAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO
A PARTIR DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
CTR SEROPÉDICA – RJ

Thiago Gomes Barradas – tbarradas@unigranrio.br

Universidade do Grande Rio

Rua Professor José de Souza Herdy, nº 1160

25073-200 – Duque de Caxias – RJ

Rachel Sampaio – rachelsam@unigranrio.edu.br

Universidade do Grande Rio

Rua Professor José de Souza Herdy, nº 1160

25073-200 – Duque de Caxias – RJ

Resumo: *Há algum tempo, as questões energéticas e sustentáveis tornaram-se uma preocupação internacional. Atualmente a geração, a distribuição e a utilização de energias acarretam em desequilíbrio ambiental, desigualdade nas distribuições, esgotamento e altos custos de fontes tradicionais (petróleo, gás natural, fonte hídrica e carvão mineral) que geram impactos à economia mundial. Esse projeto irá abordar um mercado alternativo voltado para a criação de projetos de mitigação da emissão de gases poluentes da atmosfera. Trata-se da comercialização de créditos de carbono, que surgiu a partir do Protocolo de Kyoto, em 1997, e que entrou em vigor no ano de 2005. Estabelecendo assim, que houvessem metas que ocasionem as reduções das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) de países desenvolvidos, ou seja, países com alto índice de poluição. Criou-se também o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que prevê a redução certificada das emissões (RCEs). Tal certificação, em sua implementação, permite a geração dos créditos de carbono, bens incorpóreos de valor econômico. O desenvolvimento desses projetos possibilita a obtenção de incentivos financeiros para investimento em eficiência energética e em sustentabilidade global, mas ainda existem dúvidas com relação à entrega do direito de poluir às empresas que persistem em emitir CO₂.*

Palavras-chave: *Crédito de Carbono, Protocolo de Kyoto, Emissão de Gases, Energia, Sustentabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

McKie (2012) diz que no passado, o homem e a natureza conviviam em harmonia, uma vez que não houvera atividades antropogênicas que afetassem o meio ambiente. Segundo cientistas, nossos ancestrais humanos inclusive contribuíam para despoluir as terras através da coleta de restos de animais que haviam morrido ou que tivessem sido deixados para trás por predadores. Visto que, naquela época, o homem, artesanal e agrícola, vivia da caça, pesca e utilização de frutos como fontes de alimentação.

De acordo com Paz *et al* (2015), nos últimos anos, a sociedade vem passando por uma constante industrialização, o que afeta em vários sentidos a relação entre a vida humana e a natureza. A partir da revolução industrial, que ocorreu majoritariamente entre os séculos XVIII e XIX, o mundo passou a ter novos processos de produção para adaptar-se às suas necessidades conforme surgiam. Como consequência, houve um aumento significativo de uma produção industrializada que se utilizava de meios finitos, elevando custos e gerando riscos de esgotamento e que, futuramente, poderia pôr em risco toda harmonização e a coexistência entre o ser humano e o meio ambiente.

Esse desacordo entre o homem e a natureza, se torna a principal razão pela alteração da saudabilidade e a sustentabilidade do meio ambiente, ocasionando ameaças ao efeito estufa e, consequentemente, provocando o aquecimento global.

O efeito estufa é um fenômeno natural e a presença da composição de seus gases na atmosfera é o que possibilita a vida humana na Terra. Caso contrário, a temperatura média planetária seria muito baixa, algo em torno de -19°C . As condições atuais se dão por conta da troca de energia entre a terra e a atmosfera, o que proporciona uma média global de 14°C . (MMA, 2020).

As emissões desses gases de efeito estufa ocorrem, de fato, em quase todas as atividades humanas: na agricultura, por meio do plantio e aplicação de fertilizantes; na pecuária, através do tratamento dos dejetos de animais e pela fermentação intestinal do gado, chamada também de fermentação entérica; no transporte, pelo uso excessivo de combustíveis fósseis (derivados do petróleo, carvão mineral e gás natural); no tratamento dos resíduos sólidos, pela maneira que o lixo é tratado e disposto; nas florestas, pelo desmatamento e degradação florestal; nas indústrias, através de processos de produção (cimento, alumínio, ferro e aço). (MMA, 2020).

São dois os principais gases de efeito estufa (GEE):

- Dióxido de carbono (CO_2): esse gás pode ser emitido por meio do uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural), pela maneira que os agricultores utilizam suas terras e também pela remoção de florestas (desmatamento e queimadas). A quantidade de CO_2 na atmosfera aumentou cerca de 40% desde a era industrial – Por volta de 1860, a concentração de CO_2 na atmosfera atingiu 290 partes por milhão (ppm), ou seja, 290 ppm de CO_2 em cada um milhão de moléculas de ar. A média anual em 2016 foi de 404,21 ppm. O nível para evitar um colapso ambiental seria em torno de 350 ppm (IHU, 2018);

Segundo o doutor e professor José Eustáquio Diniz Alves (2018): “No ritmo atual do aquecimento global, as gerações futuras vão receber uma herança maldita, que pode provocar uma significativa mobilidade social e ambiental descendente”.

- Metano (CH_4): é produzido a partir da decomposição de matéria orgânica, geralmente é encontrado em lixões e aterros sanitários (onde esse gás pode ser tratado, através de sua combustão, tendo o poder de poluição reduzido e aproveitado como fonte de energia) visto que, esse gás é cerca de 21 vezes mais poluente que o CO_2 . Encontrado também em reservatórios de hidrelétricas, criação de gado e cultivo de arroz.

Existem ainda outros gases em sua composição, que são o óxido nitroso (N_2O) (dejetos animais, fertilizantes, queima de combustíveis fósseis, processos industriais), o hexafluoreto de enxofre (SF_6) (isolante térmico em subestações: disjuntores, transformadores, unidades de chaveamento), os hidrofluocarbonos (aerossóis, refrigerantes) e os perfluorcarbonos (solventes, propulsores, espuma). (MMA, 2020).

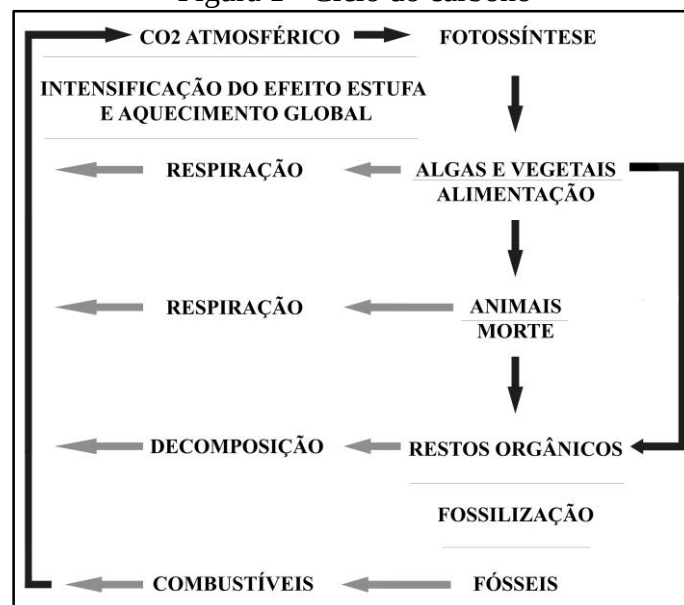
Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a maior parte da atual mudança do clima é atribuída à essas atividades humanas. O rastro dessa mudança é o aquecimento global: aumento da temperatura média global do ar e dos oceanos, regiões de temperaturas extremamente frias sofrem alterações e áreas úmidas enfrentam períodos de estiagem (podendo haver desertificação das áreas de cultivo), aumento significativo na incidência de grandes tempestades e ciclones, perda de espécies da fauna e flora em diferentes domínios naturais, derretimento generalizado da neve e do gelo e elevação do nível do mar.

As temperaturas médias globais de superfície, atualmente, são as maiores registradas com relação aos cinco últimos séculos: a temperatura média global aumentou cerca de $0,74^\circ\text{C}$. Caso não haja atuação contra esse aquecimento desacelerado, provocado por ações antropogênicas, haverá, futuramente, um clima bastante incomum, podendo apresentar um acréscimo médio de

cerca de 2°C a 5,8°C, conforme indica o 4º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), de 2007.

O carbono está presente em todos os seres vivos em forma de matéria orgânica. O dióxido de carbono é liberado naturalmente pela atmosfera e em seguida é absorvido por plantas, algas, entre outros seres reprodutores que são responsáveis pela realização da fotossíntese, através da fabricação de glicose (necessária para que se possa fazer o processo de respiração celular) e demais matérias orgânicas. O desbalanceamento do ciclo do carbono se dá pelo processo de combustão, que é queima da matéria orgânica e a disposição incorreta dos restos orgânicos, com o metano sendo liberado através da decomposição. A queima de combustíveis fósseis (gasolina, óleo diesel, querosene), quando promovidos à combustão tendem a ocasionar aumento dos gases liberados, consequentemente, o efeito estufa e também o aquecimento global.

Figura 1 - Ciclo do carbono



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Fundamentado nisso, em 1972 houve a primeira conferência, convocada pela Organização das Nações Unidas (ONU), a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia. E a partir dali, foram discutidos princípios que se tratavam de questões ambientais. Em seguida, em 1988, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) se reuniram para definir o Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), fonte de informação científica

relacionada às mudanças climáticas, segundo a ONU.

Posteriormente, em 1992, ocorreu a adoção do principal instrumento internacional em questões como as mudanças climáticas, a Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre a Mudança do Clima (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change), e também os parâmetros para mitigação que são discutidas nas Conferências das Partes (COPs), anualmente realizadas por países signatários da UNFCCC. Sem demora, um grande passo foi dado com a realização da Cúpula da Terra, no mesmo ano, no Rio de Janeiro, a fim de deferir um diagrama, conhecido como agenda 21, para a proteção do planeta e seu desenvolvimento sustentável. A agenda 21, contém ações que visam o afastamento do mundo do atual modelo insustentável de crescimento econômico, voltando às atividades que protegem e renovam os recursos ambientais, no qual o próprio crescimento e o desenvolvimento são dependentes: proteger a atmosfera, combater o desmatamento (perda de solo e a desertificação), prevenir a poluição da água e do ar, deter a destruição das populações de peixes e promover uma gestão segura dos resíduos. Além de incluírem em seus planos discussões sobre a pobreza e a dívida externa dos países em desenvolvimento: padrões insustentáveis de produção e consumo, pressões demográficas e a estrutura da economia internacional. O programa de ações também recomendou meios de fortalecimento do papel desempenhado pelos grandes grupos: mulheres, organizações sindicais, agricultores, crianças e jovens, povos indígenas, comunidade científica, autoridades locais, empresas, indústrias e ONGs, a fim de alcançar um desenvolvimento sustentável. (ONU, 2020).

Em 2002, ocorreu em Johannesburg, na África do Sul, a Rio+10, a fim de realizar um balanço das conquistas, desafios e das novas questões que foram surgindo desde a Cúpula da Terra de 1992. (ONU, 2020).

Já em 2012, no Rio de Janeiro, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, onde decidiram inaugurar um processo para desenvolvimento de um conjunto de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), baseados nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e convergindo com a agenda de desenvolvimento pós 2015. Além de adotar diretrizes inovadoras sobre políticas de economia verde. (ONU, 2012).

E por fim, no ano de 2015, em Nova Iorque, com todos os países participantes diretamente da sede da ONU, a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável definiu os novos ODS, a fim de

atribuir uma nova agenda, para finalizar os ODM. Com prazo definido para 2030, chamado Agenda 2030. (ONU, 2015).

Essas ODSs, não necessariamente estão diretamente ligadas somente ao meio ambiente, mas sim na sociedade como um todo. De uma maneira geral, esses objetivos visam o desenvolvimento de uma nação, a fim de contribuir para um desenvolvimento sustentável, reeducando a sociedade, com finalidade de promover a prosperidade e o bem-estar para todos, além de proteger o meio ambiente e enfrentar as mudanças climáticas.

Quadro 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Agenda 2030

ODS	Especificidades
1. Erradicação da pobreza	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares
2. Fome zero e agricultura sustentável	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável
3. Saúde e bem-estar	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades
4. Educação de qualidade	Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos
5. Igualdade de gênero	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas
6. Água potável e saneamento	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos
7. Energia limpa e acessível	Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos
8. Trabalho decente e crescimento econômico	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos
9. Indústria, inovação e infraestrutura	Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação
10. Redução das desigualdades	Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles
11. Cidades e comunidades sustentáveis	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis
12. Consumo e produção responsáveis	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis
13. Ação contra a mudança global do clima	Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos
14. Vida na água	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável
15. Vida terrestre	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade

ODS	Especificidades
16. Paz, justiça e instituições eficazes	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis
17. Parcerias e meios de implementação	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável

Fonte: ONU (2015)

Em 1997, através das conferências realizadas, surge o Protocolo de Kyoto, onde se caracteriza pela elaboração de um acordo de termos de compromisso de redução de emissões, que estabelece planos de ações para redução de emissões de GEE. O Protocolo entrou em vigor em fevereiro de 2005. Entre 2008 e 2012, com relação aos níveis de 1990 (13,7 bilhões de toneladas de carbono equivalente (tCO_{2e})), 37 países industrializados e a Comunidade Europeia concordaram em reduzir os índices de emissão de GEE cerca de 5,2% (712,4 milhões tCO_{2e}). Logo após, reduziram em 18% (2,47 bilhões tCO_{2e}) sobre a mesma relação de 1990. (MMA, 2020).

Quadro 2 - Demonstrativo de comprometimento e potencial Brasileiro

Emissão dos países desenvolvidos em 1990	13,7 bilhões de tCO ₂
Redução comprometida – 5,2% do total em 1990	712 milhões de tCO ₂ /ano
Preço: US\$ 5,63/tCO ₂	Total = US\$ 4,0 bilhões/ano
Estimativa da participação do MDL – 40%	US\$ 1,6 bilhões/ano
Estimativa do Brasil no mercado – 25%	US\$ 400 milhões/ano
Potencial do Agronegócio no MDL brasileiro – 40%	US\$ 160 milhões/ano

Fonte: Embrapa/MAPA (2012)

O tratado também estabeleceu um sistema de comércio internacional, que permite aos países que atingirem suas metas de emissões adquiram os chamados créditos de carbono, podendo investir em reduções de emissões dentro e fora de seu próprio país. (CNN, 2020).

A unidade de medida pertencente ao carbono é a tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}), o que corresponde a uma unidade de crédito de carbono.

Esse comércio internacional visa a criação de projetos que reduzem significativamente a emissão de gases poluentes que aceleram o processo de aquecimento do planeta.

Linha do Tempo 1: Principais ocorrências do Protocolo de Kyoto



Fonte: CNN (2020)

Especificidades da linha do tempo:

- 1997 – A COP3 da UNFCCC é realizada em Kyoto, no Japão. Mais de 150 países participaram e aderem ao primeiro tratado internacional de controle e redução de gases de efeito estufa;
- 1998 – Na COP4, em Buenos Aires, na Argentina, 160 países se reuniram para elaborar detalhes do protocolo e criar o Plano de Ação de Buenos Aires;
- 2001 – Na COP7, 178 Países se reuniram em Bonn, na Alemanha, e concordam em adotar o protocolo. Os Estados Unidos não participaram. Nesse mesmo ano, 160 países se reuniram em Marrakesh, no Marrocos, para aprofundar os detalhes do protocolo;
- 2004 – A Federação Russa ratificou o Protocolo, na COP10, estabelecendo uma nova esperança de que ele ainda pudesse ser implementado, mesmo sem os Estados Unidos;
- 2005 – O Protocolo de Kyoto entra em vigor.
- 2011 – O Canadá renunciou oficialmente ao Protocolo de Kyoto. Peter Kent, ministro do Meio Ambiente, alegou que os objetivos de Kyoto são impraticáveis porque os Estados Unidos e a China nunca concordaram com o protocolo e que é necessário um novo pacto para lidar com as emissões;
- 2012 – O Protocolo de Kyoto é estendido até 2020 na COP18, em Doha, Catar;
- 2013 – O Afeganistão adota o Protocolo de Kyoto, se tornando o 192º participante;
- 2015 – Na COP21 sobre desenvolvimento sustentável, realizada em Paris, na França, todos os participantes da UNFCCC assinam o "Acordo de Paris", substituindo efetivamente o Protocolo de Kyoto.

Fonte: CNN (2020).

Países em todo o mundo, na COP21, concordaram em limitar o aquecimento abaixo de 2 graus e abaixo de 1,5 graus acima dos níveis pré-industriais entre os anos de 2050 e 2080. O que exigiria 100% de redução das emissões, ou seja, 100% de energia limpa. (LEEM, S., 2015).

Conforme diz Cabral (2019), algumas de suas metas são de recomendar adaptações aos países menos desenvolvidos, afim de reduzir sua vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, incentivar o suporte financeiro e tecnológico de países mais desenvolvidos para ampliar ações que levam ao cumprimento das metas para 2020 aos países menos desenvolvidos, promover o desenvolvimento tecnológico e capacitação para adaptação, proporcionar a cooperação entre a sociedade civil, o setor privado, instituições financeiras, cidades, comunidades e indígenas, para ampliar e fortalecer ações de mitigação do aquecimento global.

Nos dias atuais, vê-se muitas questões que envolvem a preservação do meio ambiente e, por conseguinte, uma maior preocupação em retardar o esgotamento de materiais finitos, como a água, e até mesmo com a preservação da flora e da fauna mundial. E, por isso, inova-se o protocolo de Kyoto, com a criação de mecanismos que auxiliam os países a se responsabilizar pelos níveis de emissão de gases, criando um mercado que atendesse o comércio de crédito de carbono.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Realizar um estudo de caso sobre a implementação de projetos de controle de mitigação de emissão de gases poluentes a partir da comercialização de créditos de carbono no Aterro Sanitário de Seropédica – RJ, a exemplo da Ciclus Ambiental do Brasil.

Objetivo Específico

Analisar a implementação de mecanismos sustentáveis adotados a partir da comercialização de crédito de carbono no Aterro Sanitário de Seropédica – RJ.

3. JUSTIFICATIVA

Estabelecer a utilização do mercado de comercialização de créditos de carbono como alternativa, a fim de evitar a aceleração do desgaste da camada de ozônio, com a emissão de gases poluentes do efeito estufa (GEE), e explorar os meios de desenvolvimento de projetos que possibilitam a obtenção de incentivos fiscais com intuito de gerar mais eficiência energética e sustentabilidade em aterros sanitários.

4. METODOLOGIA

Realizar um estudo de caso, no qual irá contribuir para o conhecimento de um mercado voltado para a sustentabilidade ambiental, e aplicado no Aterro Sanitário de Seropédica, onde está sendo alocado os resíduos de toda a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (conforme lei complementar nº 20, de 1º de julho de 1974 – Art.19) demonstrando suas vantagens e desvantagens dentro de um padrão internacional de comercialização.

5. ESTUDO DE CASO

5.1. Caracterização da disposição final dos resíduos e seus tipos

Gimenes & Hising (2017), explica que o lixão é definitivamente a pior situação ambiental e social possível quando falamos sobre o lixo. Um lixão é uma espécie de vazadouro a céu aberto, um depósito acumulativo de lixo, sem nenhum controle ambiental ou tratamento dos resíduos. É possível encontrar pessoas (catadores ou até mesmo moradores), espécies de animais (porcos e principalmente as aves, como os urubus), insetos (moscas e mosquitos) e lixo de todos os tipos convivendo num mesmo espaço. Essas pessoas têm livre acesso para mexer nos resíduos, revirar os lixos e até fazer moradias sobre esses resíduos. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), demonstra que cerca de 50,8% dos municípios brasileiros ainda utilizam os lixões como deposição final dos resíduos, o que é prejudicial à saúde de quem está ao redor e, principalmente, ao meio ambiente.

Figura 2 - Lixões



Fonte: Ederson Hising/G1 (2017)

Ainda Gimenes & Hising (2017), o Aterro Controlado é também considerado um depósito de resíduos, mas ainda assim existem alguns tipos de controle: isolamento, acesso restrito, cobertura dos resíduos com terra e controle de entrada dos resíduos. Porém, não atendem à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ou seja, são contra as normas ambientais brasileiras.

Segundo o procurador Saint-Clair Honorato Santos (2017), do Núcleo de Meio Ambiente do Ministério Público do Paraná (MP-PR): “Esses lixões são pontos de poluição que certamente

vão contaminar as águas e o meio ambiente como um todo. Aterro controlado também significa lixão, porque ele não é feito dentro dos padrões do aterro sanitário. Os danos são os mesmos. A denominação não é correta”.

Para Gimenes & Hising (2017), o Aterro Sanitário é uma espécie de depósito no qual os resíduos são descartados, onde devem estar afastados de áreas de influência direta em manancial de abastecimento público, distantes de pelo menos 200 metros de rios, nascentes e demais corpos hídricos, a 1.500 metros de núcleos populacionais e 300 metros de residências isoladas.

Além disso, precisam de sistema de impermeabilização, cobertura diária dos resíduos, projeção de vida útil superior a 15 anos, sistema de monitoramento de águas subterrâneas do tamanho do empreendimento e tratamento de chorume. No Brasil, é o sistema mais adequado, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente.

A lei federal nº 12.305 (Brasil, 2010), determinou que todos os municípios do país dessem fim aos lixões a céu aberto e implantassem aterros sanitários. Ou seja, apenas o aterro sanitário é adequado, porém, para isso é preciso investimento, que muitas vezes é inviável economicamente.

De acordo com o coordenador de vigilância da Secretaria de Saúde do Paraná: “Depois de construído o aterro, tem a manutenção: não dar acesso a animais e pessoas, reciclar o material em unidades próprias de reciclagem. Também tem as preocupações com o meio ambiente: a drenagem do gás metano e o tratamento de chorume. Tudo isso sai bem caro, mas ainda é a prática mais satisfatória possível, a nível do Brasil”.

Custo de instalação de um aterro sanitário:

- Custos da implantação: 5% do total de investimento no aterro;
- Custo de operação e manutenção: 85% do total de investimento no aterro, considerando vida útil de 20 anos;
- Custos de encerramento e pós encerramento: 10% restantes do total de investimento no aterro sanitário.

Valores estimados para implantação:

- Aterro de pequeno porte (100 ton/dia): 5,2 Milhões;
- Aterro de médio porte (800 ton/dia): 18,4 Milhões;
- Aterro de grande porte (2.000 ton/dia): 36,2 Milhões.

Fonte: FGV/ABETRE (2007) – corrigido pelo INCC (2014).

A Norma Técnica que regulamenta os Aterros Sanitários Classe II é a de número NBR 8419, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

5.2. Centro de Tratamento de Resíduos – Rio

Anteriormente, o aterro controlado de Gramacho, tendo início das operações em 1978, atuava como um aterro metropolitano, que atendia a demanda de descarte de resíduos do Município de Duque de Caxias e outros municípios da região: Niterói, Nova Iguaçu, Petrópolis, Teresópolis, São João de Meriti, Nilópolis, Queimados e Mesquita. Ao longo de sua vida útil, o aterro foi o maior depósito de lixo da América Latina, tendo acumulado algo em torno de 60 a 80 milhões de toneladas de resíduos. Em 2012, com mais de 30 anos de atividade, o aterro controlado de Gramacho exercia seu limite de capacidade operacional, com uma média de 8.000 toneladas de resíduos por dia. (Rio de Janeiro, 2016).

Figura 3 - Vista aérea do Aterro Controlado de Gramacho



Fonte: Fral Consultoria Ltda (2014)

A elevada geração de resíduos, causado pela expansão urbana e aumento populacional, foi determinante para que outro aterro se tornasse operante: o aterro de Gericinó, localizado em Bangu. Além do aterro de Gramacho e Gericinó, outros menores recebiam os resíduos: o de Jacarepaguá e o de Santa Cruz. Entretanto, nenhum dos aterros possuíam condições de proteção ambiental que fossem adequadas e que atendessem à legislação 12.305/2010, que institui a PNRS. (Rio de Janeiro, 2016).

Hoje, de acordo com Tchau (2020), o aterro de Jardim Gramacho é cercado por criminosos, o que colabora para o impedimento de uma revitalização do em torno do local. Esses criminosos descartam até carcaças de carros roubados, além de cobrar para que o aterro ainda receba lixos irregularmente. Devido a essa expansão, a prefeitura local e também o Instituto Estadual do Ambiente (Inea) disputam as responsabilidades de fiscalização do aterro.

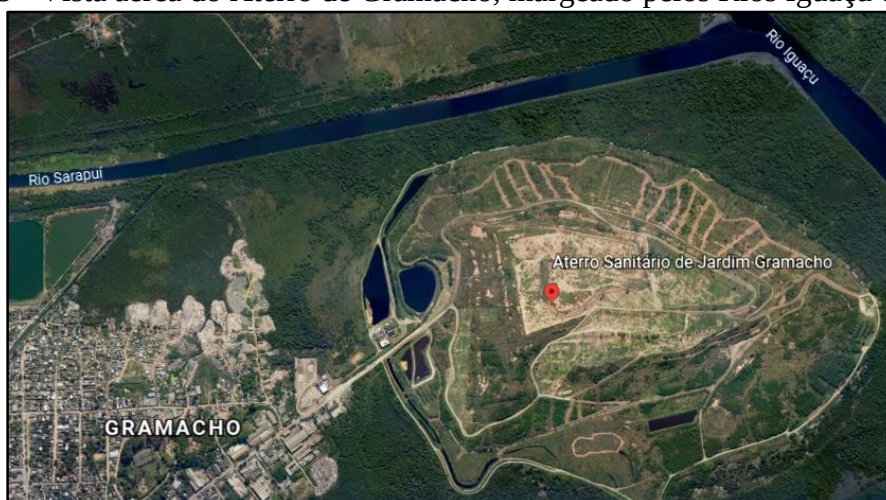
Figura 4 - Vista aérea do Aterro de Gericinó



Fonte: Mápío (2012)

De acordo com José Henrique Penido (2011), engenheiro assessor da diretoria técnica industrial da Comlurb, em entrevista a Globo, disse que 1,3 milhões de metros quadrados foram destruídos para que houvesse a implantação do aterro controlado de Gramacho. Porém, eram 1,3 milhões m² de manguezal, ou seja, solo frágil, de argila orgânica e fundo de baía. O aterro é margeado por dois rios: o Rio Iguaçu e o Rio Sarapuí. Com a aproximação do fim da vida útil dos aterros, impactos ambientais através da percolação do chorume, excesso do limite de capacidade, situação desumana ao seu redor e as condições de instabilidade do aterro aumentou a urgência de uma construção de uma Central de Tratamento de Resíduos (CTR).

Figura 5 - Vista aérea do Aterro de Gramacho, margeado pelos Rios Iguaçu e Sarapuí



Fonte: Autor – Google Earth (2020)

A princípio, a construção de uma CTR seria no bairro de Paciência, Zona Oeste do município do Rio de Janeiro. Mas, sua construção foi suspensa pois havia uma grande rejeição

por parte da população residente do entorno do local escolhido, e também de organizações ambientalistas. Esse local possui áreas bem povoadas e é considerada área de preservação permanente, isso inclui um ferimento à Lei Municipal nº 519/1984, que exige que os aterros sanitários devem ficar a um quilômetro de núcleos urbanos. Outro fator contra a implantação seria a proximidade à Base Aérea de Santa Cruz, o que poderia pôr em risco as aeronaves e seus pilotos, visto que, os aterros podem atrair aves para o local.

Segundo Adriano Dias, membro da ONG COMCAUSA:

A Baixada tem que deixar de ser considerada “zona de sacrifício”, não é à toa que aqui temos três dos piores crimes ambientais do país (o depósito de lixo industrial CENTRES, em Queimados, a Cidade dos Meninos, em Duque de Caxias e a contaminação da empresa Ingá na Baía de Sepetiba, em Itaguaí). Mas, os tempos são outros, exigimos informações detalhadas. Nós da Baixada não aceitaremos mais que os ditos empreendimentos sejam impostos sem discussão com os moradores da região. (PORTO, M.F., *et al*, 2009, p. 167 APUD FIOCRUZ, 2010).

Segundo Queiroz & Marafon (2015), a solução então, decidida por um grupo específico de estudo da destinação e tratamento de resíduos da cidade do Rio de Janeiro, criado pelo Decreto Municipal nº 30.341/2009, foi reconsiderar a empresa vencedora dessa vez, porém em um novo local que fosse capaz de atender as condições necessárias ao projeto. O novo local escolhido foi uma área de aproximadamente 2,2 milhões de m², uma antiga fazenda de gado, na área rural do município de Seropédica. Ao seu redor há uma pedreira, uma usina de asfalto, unidades mineradoras de areia, chácaras e sítios.

Figura 6 - Vista aérea do CTR Rio – Seropédica



Fonte: Ciclus Ambiental do Brasil (2017)

Figura 7 - Planta CTR Rio – Seropédica

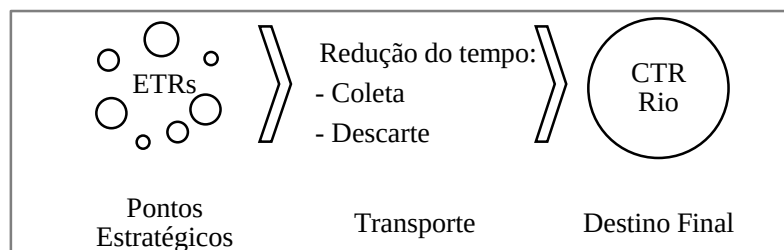


Fonte: FILIPETTO, A.

Fundada em 2010, a Ciclus Ambiental do Brasil – uma concessão da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb), possui a finalidade de realizar uma gestão integrada: transferência, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e de grandes geradores das cidades do Rio de Janeiro, Seropédica, outras prefeituras e clientes comerciais.

Com a construção do CTR Rio, foi realizado um reordenamento do fluxo de resíduos sólidos urbanos com a criação de novas unidades de recepção e transferência para sua destinação final.

Processo 1 - Gestão Integrada de destinação dos resíduos



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

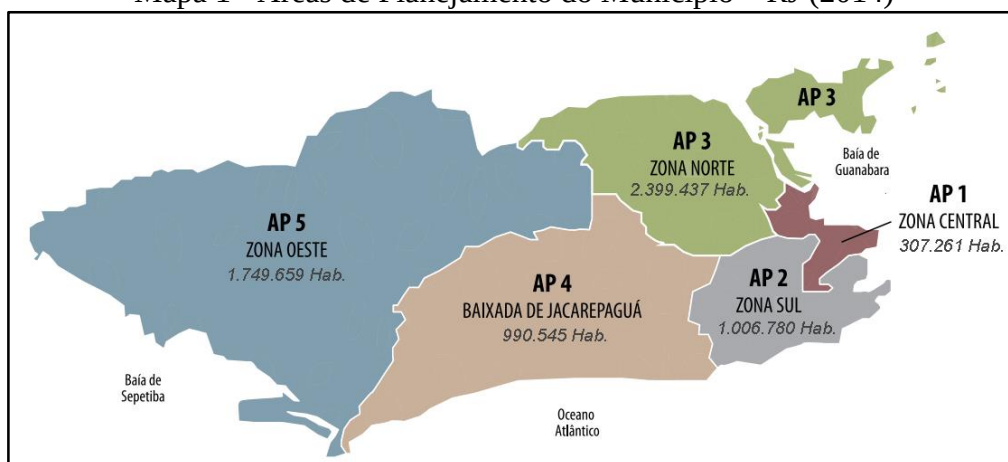
Essas unidades estão inseridas em pontos estratégicos, logo, estão articuladas entre ruas e avenidas principais. Esses pontos estratégicos foram definidos ainda em 1981 pela administração municipal, juntamente com as 5 Áreas de Planejamento (APs), 33 Regiões

Administrativas e o 161 Bairros, de acordo com seus limites oficiais. (IBGE/Cidades, 2014).

Tudo isso para favorecer a recolha, considerando essas áreas de planejamento.

Com a implantação do Centro de Tratamento de Resíduos, os lixões de Seropédica e Itaguaí foram encerrados. A obra de recuperação ambiental feita no lixão de Seropédica foi concluída. Essas ações permitiram um grande ganho ambiental para a região – redução estimada de 1,9 milhão de tCO₂ na atmosfera por ano, equivalente a retirada de 1,4 milhão de carros movidos a gasolina.

Mapa 1 - Áreas de Planejamento do Município – RJ (2014)

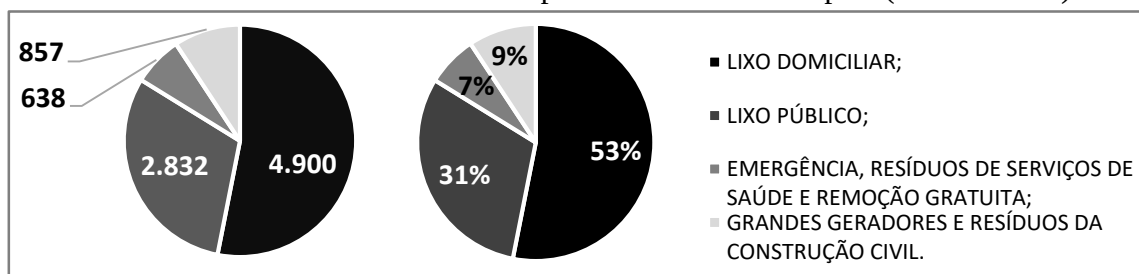


Fonte: Adaptado do Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos – PMGIRS

A cidade totalizou, no ano de 2014, cerca de 6,4 milhões de habitantes.

Segundo dados da Comlurb (2014), os resíduos coletados na cidade do Rio de Janeiro atingiram uma média de 9.227 Ton/dia. O gráfico 1 a seguir demonstra os tipos de resíduos que foram coletados nesse período:

Gráfico 1: Resíduos encaminhados para os aterros municipais (Ton./dia – %)



Nota 1 – Grandes Geradores: Shoppings, Supermercados, Hotéis, etc.

Fonte: Adaptado da Comlurb – Relatório Diretoria Técnica e Logística – DTL (2014)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada

para a cidade do Rio de Janeiro em 2014 foi de 6.453.682 habitantes. Considerando a geração de resíduos, conforme gráfico 1, em relação com a população estimada para 2014, temos:

- 0,76 kg/hab./dia sobre o total de lixo domiciliar;
- 0,44 kg/hab./dia sobre o total de lixo público;
- 0,09 kg/hab./dia sobre o total de resíduos de emergência, RSS e remoção gratuita;
- 0,13 kg/hab./dia sobre o total de resíduos de grandes geradores e RCC;
- 1,43 kg/hab./dia sobre o total de resíduos da cidade.

Nota 1: Memorial de cálculo: $\text{Resíduos} \div \text{Total Habitantes} \times 1000$

Por área de planejamento:

Tabela 1 - Geração per capita de resíduos por área de planejamento, 2014

DADOS		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	TOTAL
POPULAÇÃO	(hab.)	307.261	1.006.780	2.399.437	990.545	1.749.659	6.453.682
	(%)	4,76	15,60	37,18	15,35	27,11	100
RESÍDUOS COLETADOS	(Ton/dia)	707	1.338	3.379	1.388	2.415	9.227
	(%)	7,66	14,50	36,62	15,04	26,17	100
GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab./dia)	(%)	2,30	1,33	1,41	1,40	1,38	1,43

Nota 1: Memorial de cálculo (%): $\text{População AP} \div \text{População total} \times 100$

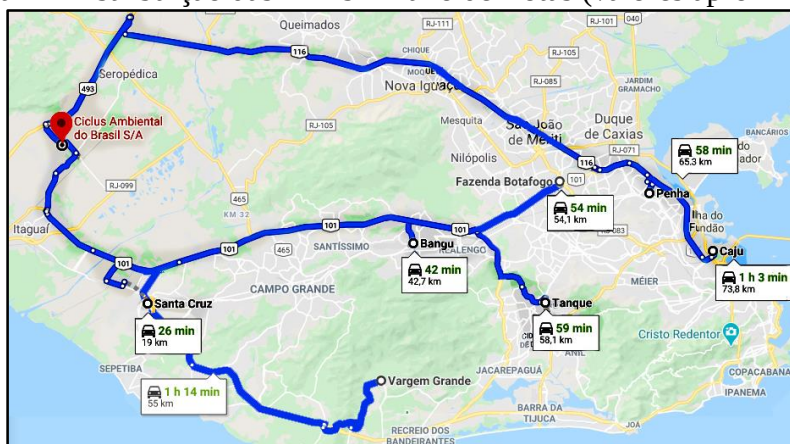
Nota 2: Memorial de cálculo (%): $\text{Resíduos AP} \div \text{Resíduos total} \times 100$

Nota 3: Memorial de cálculo (geração per capita): $\text{Resíduos AP} \div \text{População AP} \times 100$

Fonte: Adaptado do Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos – PMGIRS (2014)

Ao todo, são sete Estações de Transferência de Resíduos (ETRs), que estão localizadas estrategicamente pela cidade do Rio de Janeiro: Santa Cruz, Vargem Grande, Bangu, Fazenda Botafogo, Caju, Tanque e Penha.

Mapa 2 - Distribuição das ETRs – fluxo de frotas (valores aproximados)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

De acordo com a Ciclus, nas ETRs ocorre a transferência de resíduos para veículos com maior capacidade de carga, o que ocasiona em melhor condição de tráfego, otimização da coleta de resíduos domiciliares, redução do consumo de combustíveis, uma vez que uma maior quantidade de resíduos é transportada por veículos de maior capacidade, o que consequentemente, reduz o número de viagens e os impactos ambientais, já que são menos veículos liberando gases na atmosfera, além da geração de empregos diretos e indiretos.

A prefeitura local coleta o lixo da cidade e o transporta até a estação de transferência mais próxima. A partir disso, carretas transportam os resíduos até a CTR Rio. Essas carretas têm capacidade para transportar o equivalente a 4 caminhões compactadores de lixo.

Quadro 3 - ETRs e suas capacidades (aproximadamente)

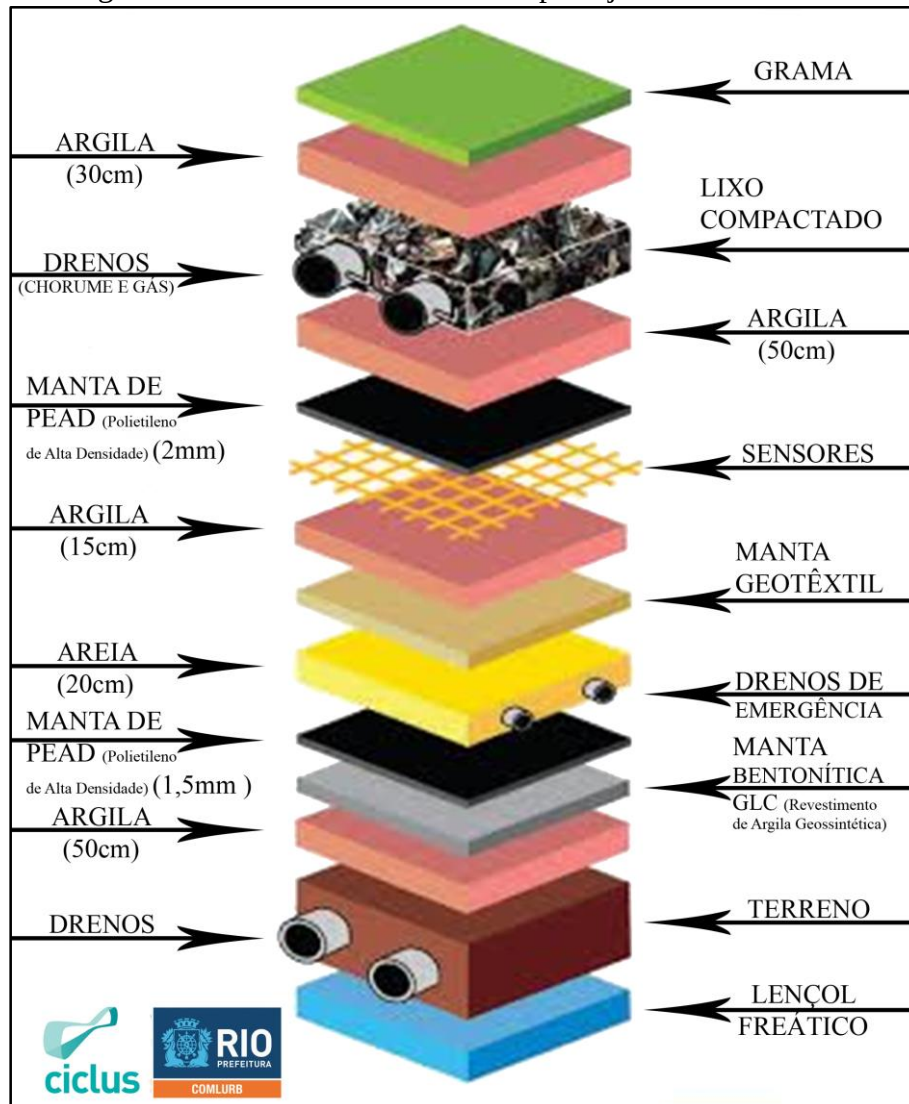
ETR	Ton/dia
Bangu	1.365
Caju	3.465
Fazenda Botafogo	1.600
Penha	-
Santa Cruz	1.025
Tanque	-
Vargem Grande	1.200

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O CTR Rio é considerado um dos centros de tratamento mais avançado da América Latina. Segundo seu website, o centro de tratamento recebe cerca de 10 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos de classe II coletados diariamente, para isso conta com uma tecnologia de ponta que foi planejada para preservar o solo e o ar, garantindo que não sejam contaminados: tripla impermeabilização de base reforçada no solo do aterro (argila e dupla camada de mantas de polietileno de alta densidade) e utilização de uma rede de sensores eletrônicos ligados a um software que é capaz de detectar qualquer anomalia no sistema de impermeabilização. Assim sendo, evita que o chorume (líquido de cor escura, malcheiroso e tóxico) gerado no decorrer da decomposição dos resíduos, entre em contato com o solo. Ele é captado e levado para tratamento na Estação de Tratamento de Chorume dentro da CTR Rio, transformando o chorume em água de reuso. Essa estação tem capacidade para tratar 1 milhão de litros de chorume por dia. Anteriormente a CTR comprava água para irrigar o solo, a fim de evitar a alta carga de poeira que vem do solo do aterro, mas, com o tratamento de chorume, foi possível reutilizar a água tratada para diminuição da poeira, levando a economia de gastos. A CTR conta ainda com uma rede de poços de monitoramento que admite uma avaliação das propriedades das águas subterrâneas, permitindo verificar se há/houve contaminação. Sua estrutura é

envolvida com um cinturão formado por uma plantação de espécies nativas da Mata Atlântica. O empreendimento teve um investimento de cerca de R\$ 450 milhões.

Figura 8 - As diferentes camadas de planejamento – CTR Rio



Fonte: Ciclus Ambiental do Brasil (2020)

Em 2016, a Ciclus foi vencedora do Prêmio de Infraestrutura de Sustentabilidade do setor privado do grupo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Esse prêmio identifica, reconhece e compartilha as melhores práticas de infraestrutura sustentável na América Latina e no Caribe. Ao todo, são três categorias de premiação e a Ciclus foi escolhida como vencedora de Pessoas e Liderança, que significa uma maior expansão de impactos positivos na qualidade de vida das pessoas e da comunidade ao seu redor.

Além do tratamento de resíduos, há investimento em desenvolvimento de projetos socioambientais como o Plano de Gestão Socioambiental (PGSA), em parceria com a CEF para realizar diferentes atendimentos à comunidade, dando suporte a diversos públicos como os ex-catadores dos lixões de Seropédica e Itaguaí; o Centro de Educação Ambiental, espaço criado para receber a população da região, a fim de gerar conhecimento e consciência ambiental. Cerca de 100 ex-catadores dos extintos lixões locais, fazem parte do Plano de Inclusão Social dos Catadores (PISCA), com objetivo de realocação do grupo no mercado formal, acompanhamento social e incentivo à escolaridade: bolsa auxílio por 6 meses, encaminhamento a programas governamentais, atendimento psicossocial, reintegração dos filhos de catadores na escola, qualificação profissional, encaminhamento ao mercado de trabalho, incentivo à coleta seletiva e uma associação de mulheres. Cerca de 80% desses ex-catadores voltaram a atuar no mercado formal, conforme demonstra seu website: 74 ex-catadores vinculados, sete ex-catadores conseguiram abrir negócios próprios e 14 ex-catadores formaram a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Seropédica (COOTRASER).

Além disso, a implantação da CTR estimulou a urbanização da região através de reformas urbanísticas com obras de pavimentação, coleta de esgoto e escoamento da água de chuvas. O que consequentemente colabora para o desenvolvimento e o crescimento local: um grande salto no ranking de Imposto Sobre Circulação de Mercadores Verde (ICMS Verde) do Estado. Passando de 86º para 52º (R\$70 mil para R\$1,1 milhão), a partir do investimento em áreas de conservação, destinação de lixo, remediação de lixões, tratamento de esgoto e mananciais de abastecimento. Esse imposto tem finalidade de ressarcir os municípios pela restrição ao uso de territórios e recompensar os investimentos ambientais.

Segundo Lúcio Vianna Alves (2013), coordenador de projetos da Comlurb, estima-se que na CTR Rio já possa ter aproximadamente 5 milhões de toneladas de lixo já dispostos, ou seja, já compactados e cobertos pelo solo.

De acordo com Priscila Zidan (2014), superintendente de operações da Ciclus, “a CTR Rio tem tempo de vida útil estimado em 25 anos. Após esse período, quando não há mais capacidade de receber resíduos, toda a área receberá argila, cobertura vegetal e plantio de espécies do ecossistema local. Ainda existe a possibilidade de transformar o local em praça com quadras de esportes”.

O que muito ocorria no aterro antecedente, era que os resíduos ficavam expostos, e em sua decomposição, além de gerar chorume, emitia também o biogás, composto por quase 60% de

Gás Metano. No CTR Rio, esse gás é tratado: é drenado até os flares (torre de queima direta) onde são queimados. O flare é um queimador enclausurado (fechado), equipamento importado da Suíça com um custo de cerca de R\$ 35 milhões. De acordo com o gerente de Biogás de Seropédica, Carlos Renan dos Santos: “Hoje você não tem bons fornecedores dessa tecnologia no Brasil, então, isso é um complicador”.

Através da Lei Municipal de Mudanças Climáticas nº 5.248 (Rio de Janeiro, 2011), que estabelece em seu art. 6º metas de redução de emissões antrópicas de GEE para o município do Rio de Janeiro: redução das emissões de 8% de 2005 em 2012 (0,91 Mt CO₂e), 16% para o ano de 2016 (1,82 Mt CO₂e) e 20% de redução para o ano de 2020 (2,28 Mt CO₂e). O setor de resíduos é forte emissor de gás metano (CH₄), o que define a principal razão pela qual o PMGIRS considera a necessidade de redução desses gases. (Rio de Janeiro, 2016).

Na Tabela 2, é possível verificar as emissões de GEE da Cidade do Rio de Janeiro:

Tabela 2 - Emissões totais do Município do Rio de Janeiro, por GEE – Simplificado (2012)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
ENERGIA	17.751,87	45,97	0,48	18.866,04
Transporte	7.127,14	2,78	0,45	7.325,02
IPPU	2.329,74	0,18	0,21	2.398,62
AFOLU	-9,83	0,51	0,02	7,08
RESÍDUOS	0,44	106,2	0,33	2.332,10
Resíduos Sólidos	0,44	81,23	0	1.706,27
Esgotos e Efluentes	0	24,93	0,32	622,73
TOTAL	20.072,22	152,8	1,04	23.603,84

Nota 1: Potencial de Aquecimento Global (GWP em inglês) CH₄ = 21 (IPCC, 2007)

Nota 2: Potencial de Aquecimento Global (GWP em inglês) N₂O = 310 (IPCC, 2007)

Nota 3: CO₂e equivale à soma da emissão dos 3 gases, multiplicados pelo seu GWP, segundo IPCC

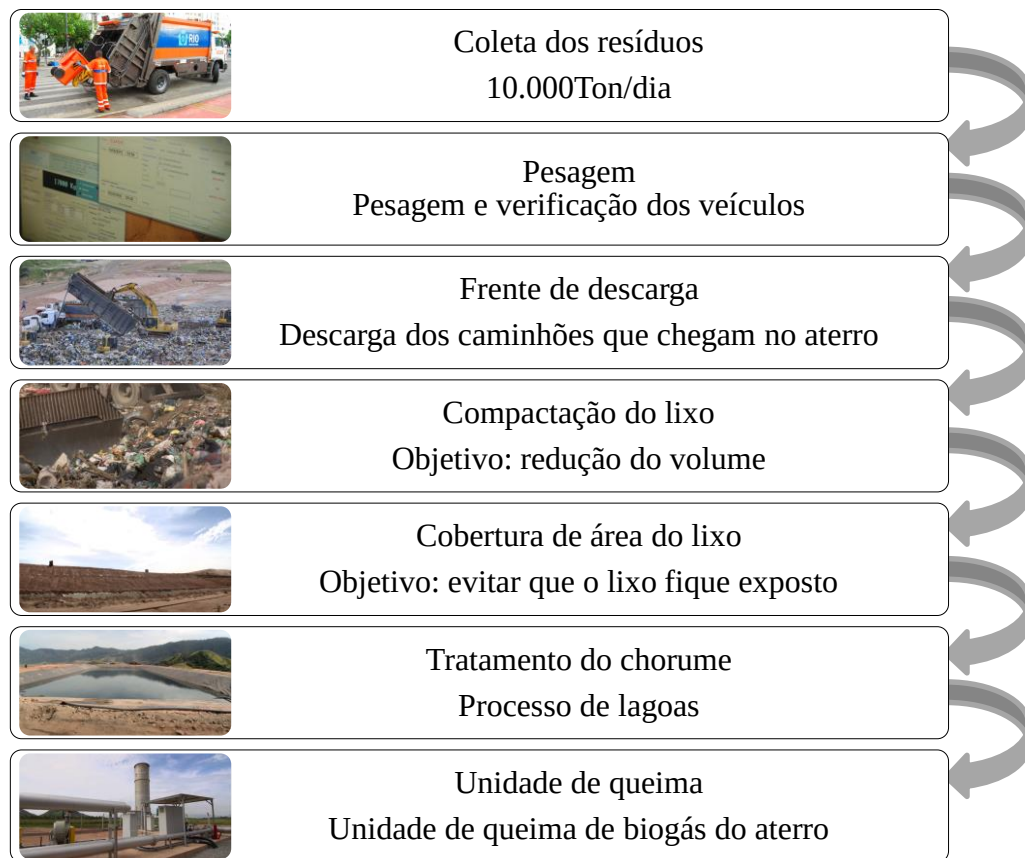
Fonte: Adaptado do inventário das emissões de GEE do Rio. COPPE/UFRJ (2012)

Onde:

- Esse total indica 23,6 Milhões de tCO₂e de emissões para o Município;
- O setor de transportes é o que tem a participação mais influente, correspondendo a 39% das emissões dentro do setor de energia. Dentro de transportes, o modal rodoviário é o mais emissor;
- Processos Industriais e Uso de Produto (IPPU, em inglês);
- Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU, em inglês);

- Resíduos (10%) e transportes (31%) totalizam cerca de 41% das emissões totais;
- Participantes do Grupo C40 (Grandes Cidades para Liderança Climática) buscam reduzir 1,3 Bt até 2030. O Brasil possui 4 representantes: Rio de Janeiro, São Paulo, Salvador e Curitiba. (WRI Brasil, 2019).

Processo 2 - Trajeto dos resíduos – coleta à disposição final e finalmente a queima dos gases emitidos



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A primeira etapa é a pesagem, onde é realizada a verificação de cadastro de caminhões e carretas que chegam à CTR, é feita a verificação da placa do veículo e se há associação de contrato para que não entre qualquer tipo de resíduos. É verificado também a origem desses resíduos, para saber se o material é de origem urbana. Se for o lixo tóxico, hospitalar ou radioativo, ele não pode ser recebido, pois não é permitido pelo licenciamento. A CTR recebe cerca de 450 caminhões de lixo por dia, com aproximadamente 10 mil toneladas de lixo por dia. (ZIDAN, P. 2015).

Depois da pesagem, na frente de descarga, os resíduos são descarregados e seguem para a compactação, através de tratores compactadores, que mantém o lixo estabilizado no aterro, para não

haver desmoronamento de talude e para a compactação futura. (ZIDAN, P. 2015).

A partir do processo de fermentação da matéria orgânica dos resíduos compactados, ocorre a liberação do gás metano, que além de inflamável, é prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente, conforme dito anteriormente. A unidade faz a sucção de gases como o metano, passa por uma análise, e daí ocorre a purificação desse gás, a fim de que se compare às propriedades do gás natural, com fins comerciais.

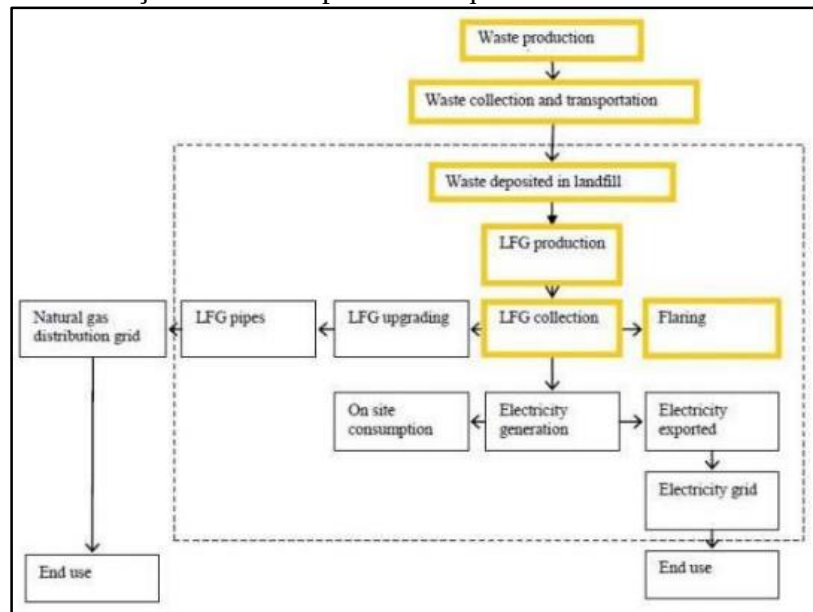
Para a geração de energia, o gás captado no aterro é levado para seis rotogeradores com capacidade de absorver 2 mil m³/h. Como o biogás é altamente inflamável, ele é usado como combustível para os equipamentos, que gerarão energia. O aproveitamento bioenergético previsto para ser desenvolvido no CTR terá capacidade de gerar 30 MW de energia, o que corresponde à iluminação de uma cidade de cerca de 200 mil habitantes. (Rio de Janeiro, 2011).

O biogás que não for aproveitado na geração de energia ou no processamento será transformado em CO₂ através da incineração em flares. O processo está dentro das especificações previstas em lei. (Rio de Janeiro, 2011).

A Ciclus está inserida no Mercado de Créditos de Carbono através da utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), a partir da captura de gases no Aterro Sanitário de Seropédica. No período de 2012 a 2013, a CTR Rio recebeu visitas de auditores da empresa TÜV NORD Brasil (BRTÜV) e do Banco Mundial e colaboradores da Caixa Econômica Federal (CEF), tendo como principal objetivo a validação de 132.028 (132.028 tCO₂e) Créditos de Carbono gerados na CTR Rio. Os auditores fizeram uma vistoria na planta de biogás e, após a verificação e validação, foi emitido o Certificado de Redução de Emissões (RCEs ou Certified Emission Reductions – CER), que comprova a veracidade desse volume de créditos de carbono. (Ciclus Ambiental do Brasil).

Para contribuir à adaptação do clima, o CTR Rio lançou um Plano para Mitigação de Emissão de Gases de Efeito Estufa, baseado no Protocolo de Kyoto, que tem como objetivo reduzir a emissão de GEEs em 40% entre 2015 e 2018 e emissões de metano em 50%. Isto é certificado sob o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” (MDL), oferecendo créditos de carbono a outros países. O CTR Rio instalou um sistema de tubulação para captação de biogás produzido pela decomposição de matéria orgânica. O biogás é levado aos flares onde o metano é transformado em CO₂, que gera menos efeito estufa (ZOFNASS, 2016).

Figura 9 - Esquema de representação (simplificado) do CTR Rio para o uso de biogás.
A marcação amarela representa o que era realizado em 2018.



Fonte: ZOFNASS (2018)

A TÜV NORD Brasil (BRTÜV) é uma empresa alemã que realiza diversos serviços de avaliação de conformidade no Brasil, entre eles o Sistema de Gestão Ambiental, através da Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) e em conformidade com o Fórum Internacional de Acreditação (IAF). A ISO 14001, ISO pertencente ao Sistema de Gestão Ambiental, determina às organizações uma estrutura eficaz para a proteção do meio ambiente, promovendo um desenvolvimento na capacidade de responder a mudança das condições ambientais em equilíbrio com as necessidades socioeconômicas.

De acordo com a Caixa Econômica Federal (2014), a Caixa participa do mercado de carbono com linhas de crédito para o financiamento de empreendimentos de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), nos Aterros Sanitários. Essas linhas de crédito são voltadas para empresas públicas e privadas, sob forma de MDL. O Banco Mundial transfere sua experiência no Mercado de Carbono à Caixa, que por sua vez financiou os Créditos da Ciclus como garantia acessória ao financiamento de mais de R\$ 400 milhões. Essa foi a primeira emissão de RCEs do fundo Carbon Partnership Facility (CPF), no qual a Caixa faz parte desde 2009, administrado pelo Banco Mundial e a CTR Rio foi a primeira instituição brasileira a receber da ONU as RCEs correspondentes aos créditos de Carbono.

De acordo com o segundo diretor executivo de Saneamento e Infraestrutura, Rogério Tavares (2013): “A operação consolida posição de vanguarda da Caixa nesse tipo de operação

e abre novas oportunidades de negócios, além de se constituir em efetiva contribuição na oferta de soluções financeiras voltadas a empreendimentos que promovam a redução de emissão de gases de efeito estufa e, conseqüentemente, promovam a mitigação dos efeitos negativos das mudanças climáticas, agenda de todas as nações na atualidade”.

Priscila Zidan confirma: “Por meio da Caixa, temos um acordo com o Banco Mundial e o fundo europeu com o qual já negociamos a venda de créditos”.

No período de 2009 a 2014 a Caixa vendeu 3 milhões de toneladas em RCEs, obtidos a partir da queima de gases nos Aterros Sanitários de Seropédica, Candeias, Jaboatão dos Guararapes, Grande Recife e São Gonçalo. (CEF, 2014).

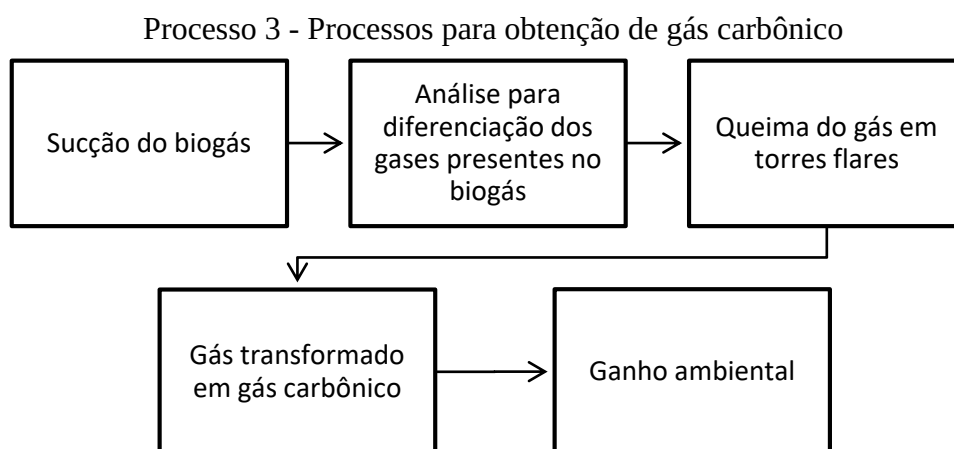
Quadro 4 - Previsão para geração de créditos de carbono CTR Rio

Ano	Créditos de Carbono (tCO ₂ e)
2012	151.775
2013	509.975
2014	675.708
2015	801.943
2016	883.123
2017	971.532
2018	1.026.406
Jan. – Jun. 2019	1.075.113
Total	6.095.576

Fonte: FILIPETTO, A.

A Ciclus informa que durante o período de 2011 a 2015, 70 milhões de m³ de metano deixaram de ser emitidos. E em 2016, 1,5 milhões de t CO₂e seriam evitadas.

Com isso, é possível observar a maneira que o CO₂ é captado:



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

De acordo com dados da Ciclus, até abril de 2013 a unidade tinha capacidade de queimar 2.500 metros cúbicos (m³) de biogás por hora. Mas, foi dito que ao fim do mesmo ano a unidade iria ter condições de suportar a queima de 3 vezes mais, ou seja, 7.500 m³/hora de biogás.

Quadro 5 - Propriedades do Biogás

Biogás	
Poder Calorífico Inferior (aprox..)	23 MJ/m³
Velocidade da chama	25 cm/s
Temperatura de combustão	650 °C
Temperatura de ignição (CH ₄)	600 °C
Calor específico (Cp)	1,6 KJ/m³.°C
Densidade	1,15 Kg/m³

Fonte: Portal das Energias Renováveis (2020)

A densidade do biogás considerada (em m³) é de 1,15kg/m³, logo, se em meados de 2013 a unidade queimava 2.500 m³/hora, significa dizer então que 2.875kg de biogás eram queimados por hora. No fim do ano de 2013, esse valor aumentaria para 8.625kg de biogás por hora.

Quadro 6 : Demonstrativo de cálculo – quantitativo de queima do biogás/h

1,15 kg	_____	1 m³
X kg	_____	2.500 m³/h
X = 2.875 Kg/h		
ou X = 2,88 Ton/h		

1,15 kg	_____	1 m³
Y kg	_____	7.500 m³/h
Y = 8.625 Kg/h		
ou Y = 8,63 Ton/h		

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Até o fim de 2013, foi estimado que cerca de 30 milhões de metros cúbicos, ou seja, 34,5 milhões de kg de biogás deixariam de ser emitidos na atmosfera. Esse valor equivale à retirada de mais de 81 mil carros das ruas por ano. O projeto aborda ainda a geração de energia elétrica com a utilização de biogás e/ou a purificação do biogás para gerar uma fonte energética adequada para uso industrial.

Ainda de acordo com a Ciclus (2016), a CTR Rio já contava com três sopradores com capacidade de sucção de 2.000 m³/h cada de biogás e dois flares, sendo um com capacidade nominal de queima de 5.000 m³/h e outro com capacidade nominal de queima de 2.500 m³/h. Em complementação ao projeto, estava em fase de licenciamento a instalação de seis novos flares com capacidade de 5.000 m³/h cada, seis novos sopradores, com capacidade de 7.500m³/h

cada, além da instalação de três módulos de compressão com capacidade de 4.000 m³/h para pré-purificação de biogás. Totalizando uma vazão final a ser captada será de 37.500 m³/h e 43Ton/h de Biogás. A redução do impacto ambiental equivale à retirada de 219 carros das ruas por dia.

A incineração é uma forma de tratamento cujos resíduos são queimados em altas temperaturas (da ordem de 900 °C) em instalações projetadas para esta finalidade. Esta queima resulta na eliminação de organismos patogênicos, a redução significativa do peso (e volume) e a redução de substâncias perigosas, restando como subprodutos cinzas, escórias e gases, para os quais se exige estrito controle devido a possibilidade de geração de novos resíduos perigosos e pelas implicações de emissões gasosas com alto potencial de poluição. As cidades como SP que utilizaram por muito tempo incineradores apresentam grandes passivos devido à alta toxicidade do material depositado nas áreas próximas aos antigos incineradores. O calor resultante pode ser aproveitado para geração de energia elétrica, sendo essa uma das vantagens do processo. As cinzas e escórias, quando não poluentes, podem encontrar aplicação em obras como pavimentos. Os gases passam por sistemas de arrefecimento e depuradores que têm a função de remover os componentes perigosos e são utilizados para reduzir as possíveis dioxinas que se formam nas chaminés de exaustão das usinas (NASCIMENTO, 2018, p. 27 apud ZUQUETTE, 2015).

Segundo Van Elk (2007), o relatório do Banco Mundial define que, para recuperação energética do biogás o aterro sanitário deverá contar com um sistema de impermeabilização superior, destinado a evitar a fuga do biogás para atmosfera, com argila compactada. Poços de drenagem de biogás para atenção especial em otimizar a coleta e o tratamento dos gases. Rede de coleta para levar o biogás drenado dos poços para a unidade de geração de energia elétrica, constituída por tubos de polietileno de alta densidade e aterrada para evitar acidentes. Bombas de vácuo que são importantes para compensar as perdas de carga nas tubulações e garantir uma vazão regular de biogás para a unidade de geração de energia elétrica. Grupos geradores, esses equipamentos utilizam motores de combustão interna desenvolvidos especialmente para funcionar utilizando o próprio biogás como combustível. A geração de energia elétrica também pode ser feita através da utilização de turbinas.

Um estudo publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011), conclui que cem cidades brasileiras têm condições de implantar aterros sanitários emissores

de créditos de carbono, com potencial de receita bruta de 2,7 bilhões de euros e redução de emissões de carbono estimada em 807 milhões de toneladas.

Para Braga & Veiga (2010), o mercado de carbono é um conjunto de transações através de redução de emissões de GEE, onde seus volumes são comercializados. Esse mercado foi criado no intuito de auxiliar o cumprimento das metas de reduções estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto. Os governos fixam metas de reduções de GEE para os diversos setores da economia. Depois da meta ser estabelecida, é dividida entre os setores que mais emitem GEE, de acordo com o inventário de emissões, assim cada setor saberá o quanto poderá emitir anualmente. Cada permissão dá o direito de emitir uma tonelada de gás.

Como funciona esse mercado? Aquele que emitir menos que o limite permitido na meta estabelecida, irá possuir um crédito: o crédito de carbono, esse crédito se torna um título de crédito que pode ser negociado com quem está emitindo além do limite permitido. Com isso, cria-se um mercado que permite uma interação entre quem está disposto a comprar e quem quer vender essas permissões.

“A existência desse mercado de emissões ou permissões possibilita uma flexibilidade para que os emissores alcancem suas metas. Ao invés de haver um limite rígido de quanto se pode emitir e, conseqüentemente, uma multa para quem exceder esse limite, os emissores podem emitir mais do que sua meta e comprar permissões de quem está emitindo abaixo do teto permitido”. (BRAGA & VEIGA, 2010).

Ainda para Braga & Veiga (2010), esse mercado encoraja companhias a estabelecerem suas próprias metas de emissão abaixo dos limites estabelecidos pelo estado e, assim, gerarem créditos, que podem ser negociados. Permite também que empresas cumpram suas metas de emissão comprando permissões de outros emissores de seu próprio país ou pagando projetos de investimento em tecnologias de baixa emissão de GEE de países em desenvolvimento através de projetos do MDL. Teoricamente, para o comprador, é mais barato pagar por um projeto de reflorestamento na China do que modificar seu próprio processo de produção, e para o vendedor, é uma fonte de recursos para investimentos. Em menos de uma década, essa atividade movimentou US\$118 bilhões em 2008, um aumento de 84% em relação ao ano de 2007.

Existem dois mercados de crédito de carbono: o regulado e o voluntário.

No mercado voluntário, a unidade de medida de 1 tCO₂e verificada é o Voluntary Emission Reduction (VER), e no Regulado é o Certified Reduction (CER).

Quadro 6 - Vantagens e desvantagens dos mercados regulado e voluntário

	Mercado Regulado	Mercado Voluntário
Vantagens	Estrutura reconhecida;	Estrutura mais flexível;
		Não está limitado aos prazos de Quioto;
	Maior retorno com a comercialização dos créditos.	Viabilidade de projetos de pequeno porte;
		Viabilidade de projetos de reflorestamento/florestamento (A/R).
Desvantagens	Limitações impostas pelo Protocolo de Kyoto;	Ausência de uma Padronização definitiva e universal.
	Projetos com custos elevados.	
Valor (tCO₂e)	US\$ 15,00 - 25,00	US\$ 2,3 - 4,0

Fonte: Boletim Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro, BCB (BRAGA & VEIGA, 2010)

O quadro 6 resume as vantagens e desvantagens desses dois mercados e também demonstra que, no mercado Voluntário os preços apresentaram variação entre US\$ 2,3 e 4,0, enquanto no Regulado a tonelada de CO₂e variou entre US\$ 15,00 e 25,00, o que dificulta a cravação de qualquer valor fixo referente à tonelada de carbono equivalente.

Em 2012, a BM&FBovespa estipulou um preço mínimo (€/tCO₂) de 2,70.

De acordo com Rettmann, no mercado Voluntário, apesar de possuir uma operação menos burocrática, os créditos não valem como redução de metas dos países. O principal mecanismo é o de Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação florestal (REDD). As Bolsas Voluntárias são o Chicago Climate Exchange (CCX – EUA), European Climate Exchange (ECX), NordPoll (Oslo), Bolsa de Energia da Áustria (EXAA), BM&F (Brasil), New Values/Climex (Alemanha), Vertis Environmental Finance (Budapeste), Bluenext (Paris) e Multi-Commodity Exchange (MCX – Índia).

Conforme diz a Farenzena Advocacia Ambiental, a CCX foi a primeira a negociar reduções certificadas de emissões de GEE no mercado voluntário, tendo iniciado essas práticas em 2003, no estilo cap and trade (estrutura de compra e venda de créditos de carbono). Atuou nesse estilo entre dezembro de 2003 e 2010 e, em 2011 lançou o Programa de Registro de Compensações. Ainda nos EUA, a Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) é formada pelos estados de Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachussets, New Hampshire, New York, Rhode Island e Vermont, também no estilo cap and trade que em 2014 implementou a meta de alcançar 91 milhões de toneladas de CO₂. E a Western Climate Initiative (WCI) que é formada

pelo estado da Califórnia, por províncias canadenses, Columbia Britânica e Quebec, onde não possui fins lucrativos e busca oferecer serviços técnicos e administrativos para a realização desse comércio. O mercado europeu também utiliza a metodologia cap and trade, que compreende 31 países do continente e que cobre 45% das emissões de gases causadores do efeito estufa na Europa. É concedida, aos participantes europeus, a permissão de compra de créditos internacionais, porém é limitado.

Segundo a Braskem (2019), desde que a negociação das compensações de carbono teve início, a soma dos projetos voluntários contribuiu para reduzir uma quantidade equivalente ao consumo de mais de 1 bilhão de barris de petróleo, um total de cerca de 440 MtCO₂e. Em outros setores esses valores chegam a 128 MtCO₂e em energia a partir de combustíveis fósseis, 95 MtCO₂e em manejo de terra e florestas, 63 MtCO₂e em processos químicos e industriais, 62 MtCO₂e em energia renovável e 57 MtCO₂e em uso de recursos hídricos.

De acordo com Braga & Veiga (2010), o mercado de Carbono tem atraído companhias de diferentes áreas de atuação, algumas delas preocupam-se em reduzir emissões, não somente para cumprirem com as metas estabelecidas, mas para gerarem créditos e, com isso, além de terem uma nova fonte de receitas, adquirirem uma imagem verde, o que chama atenção e agrega valor à empresa. Por outro lado, para as empresas que realmente precisam reduzir suas emissões, contar com esses mecanismos de mercado é uma vantagem porque reduz seus custos.

De acordo com a IPAM (2015), o Protocolo de Kyoto estabelece três mecanismos de implantação ao mercado: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), a Implementação Conjunta e o Comércio de Emissões. Apenas o primeiro envolve países em desenvolvimento. Dois de seus objetivos são assessorar os países do Anexo 1 (países industrializados membros da Convenção do Clima da ONU que se comprometeram em reduzir as emissões de gases causadores de efeito estufa) a cumprirem suas metas de redução de emissão de GEE e colaborar para que países em desenvolvimento possam alcançar a sustentabilidade ambiental. O MDL possibilita a obtenção de incentivos financeiros para investimentos em eficiência energética e é um instrumento de mercado aplicável ao Brasil. O Mecanismo viabiliza a criação de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs), o que representa os créditos de redução.

Quais as etapas para implantação do MDL?

- Concepção do Projeto;
- Preparo do Documento de Concepção do Projeto (DCP);
- Validação;

- Obtenção da aprovação do país anfitrião;
- Registro;
- Implementação do Projeto;
- Monitoramento;
- Verificação e Certificação;
- Emissão de RCEs (Créditos de Carbono).

Fonte: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, MPOG

De acordo com Teixeira *et al* (2010), o primeiro passo é a elaboração de um documento de Concepção do Projeto: a descrição das atividades, os participantes, a metodologia, a metodologia de cálculo, o limite do projeto, a fuga, a definição do período de obtenção dos créditos, o plano de monitoramento, a justificativa para atividades adicionais de projeto, documentos e referências sobre impactos ambientais, resumo de comentários e informações sobre fontes adicionais de financiamento.

Em seguida, deve-se encaminhar o projeto para uma Entidade Operacional Designada (EOD), que é qualificada pela Conferência das Partes, onde irá proceder à análise, validação e aprovação, para que então possa ser remetido ao Conselho Executivo para ser registrado.

Colocar em prática o plano de Monitoramento, de acordo com o que tenha sido estabelecido no Documento de Concepção do Projeto (DCP). Caso ocorram efetivas reduções, em virtude do projeto, a Entidade Operacional, que também é responsável pela verificação da ocorrência de reduções, emitirá um certificado em favor da pessoa que tenha implementado o projeto.

Por fim, emissão das RCEs pelo Conselho Executivo com base na certificação emitida pelas Entidades Operacionais. São esses títulos que serão passíveis de comercialização, de acordo com o artigo 12.3 do Protocolo de Quioto.

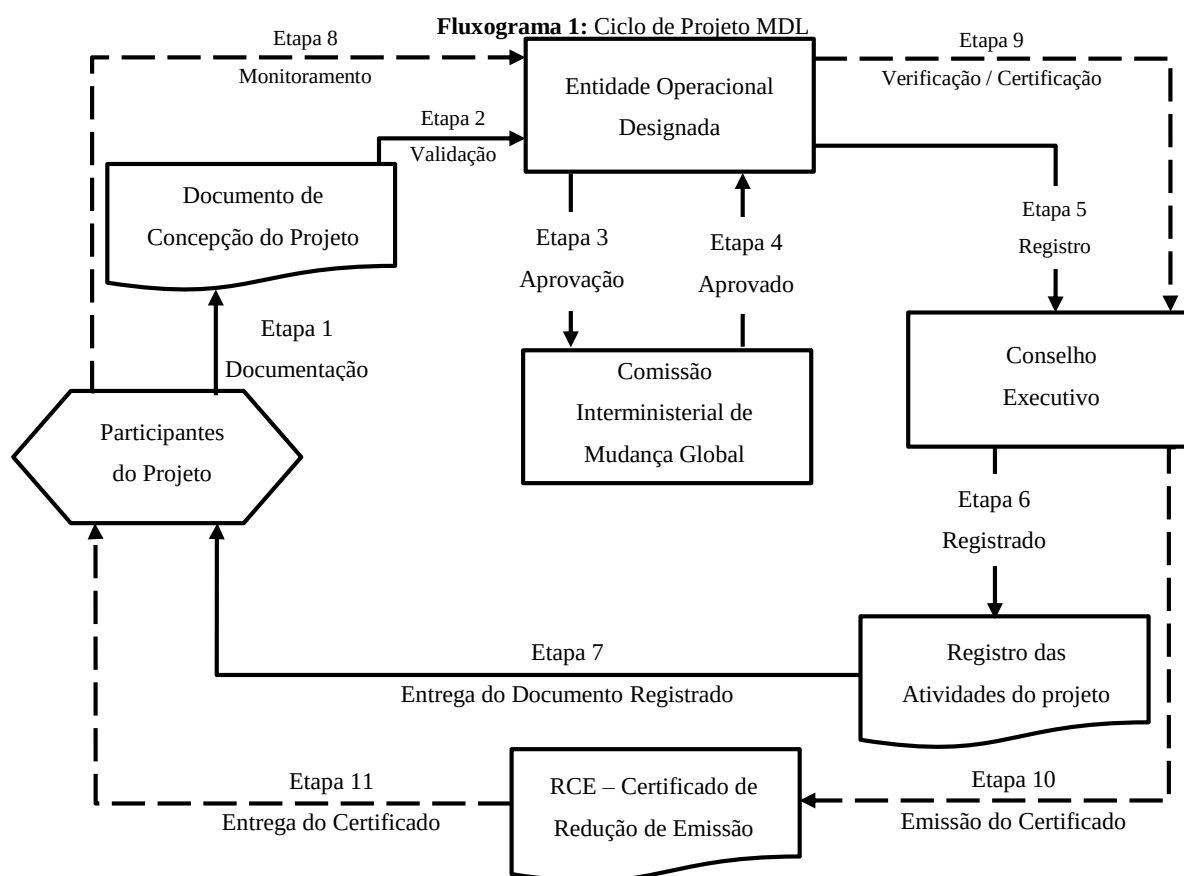
No Quadro 7 são apresentadas as fases do projeto:

Quadro 7 - Especificidades das Etapas do projeto, Prazos Médios e Valores Aproximados.

Etapas	Prazos médios	Valores Aproximados
Elaboração da Metodologia	8 semanas	\$ 5mil a \$ 25mil
Aprovação da Metodologia	4 meses	Até \$ 100 mil
Elaboração do Documento de Concepção de Projeto (PDC)	6 semanas	\$ 10mil a \$ 40mil
Comentários das partes interessadas (stakeholders)	4 semanas	Sem custo
Aprovação pela Autoridade Nacional Designada (AND)	2 meses	\$ 5mil a \$ 30mil

Etapas	Prazos médios	Valores Aproximados
Validação do Projeto	6 a 8 semanas	\$ 10mil a \$ 20mil
Registro do Projeto	8 semanas	\$ 5mil a \$ 10mil por ano
Monitoramento do Projeto	Contínuo	\$ 25mil por ano (a primeira); As subsequentes são até \$ 15mil
Verificação e Certificação	Uma ou duas vezes por ano	Fundos de captação – 2% das RCEs Rendimentos – \$0,1 para as primeiras 15.000 RCEs; \$0,2 para as RCEs subsequentes até o máximo de \$350mil.

Fonte: LIMIRO, Danielle – Créditos de Carbono: Protocolo de Kyoto Projetos de MDL (2008)



Fonte: BM&Bovespa (2017)

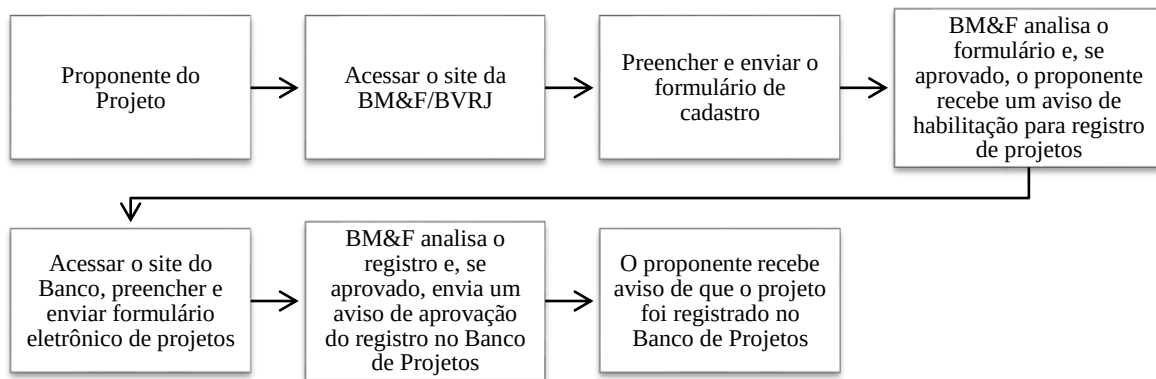
Os RCEs têm prazos de validade que podem ser no máximo de 10 anos, para projetos de período fixo ou de 7 anos para projetos de período renovável, renováveis em até 3 períodos de 7 anos, totalizando 21 anos. (MACIEL, CV.; *et al*, 2009, p.95).

Ainda de acordo com Teixeira *et al* (2010), no Brasil, a obtenção de RCEs também é coordenada pela Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F) e Bolsa de Valores do Rio de Janeiro (BVRJ), onde se caracteriza por um sistema eletrônico de negociação ágil e seguro. Após todas essas etapas de obtenção de RCE elas podem ser ofertadas nos leilões das bolsas de valores,

chamado mercado de galpão. Todas as transações deste tipo de mercado têm um custo de transação e seus riscos (Prazos de validade, performance do projeto, grau de incertezas, investimento). Atualmente a BM&F/BVRJ disponibiliza em seu site um banco de informações relacionadas aos projetos de redução de emissões de carbono que objetiva conferir visibilidade e transparência aos projetos facilitando a negociação de compra e venda.

Quem deseja vender seus créditos deve seguir as seguintes etapas:

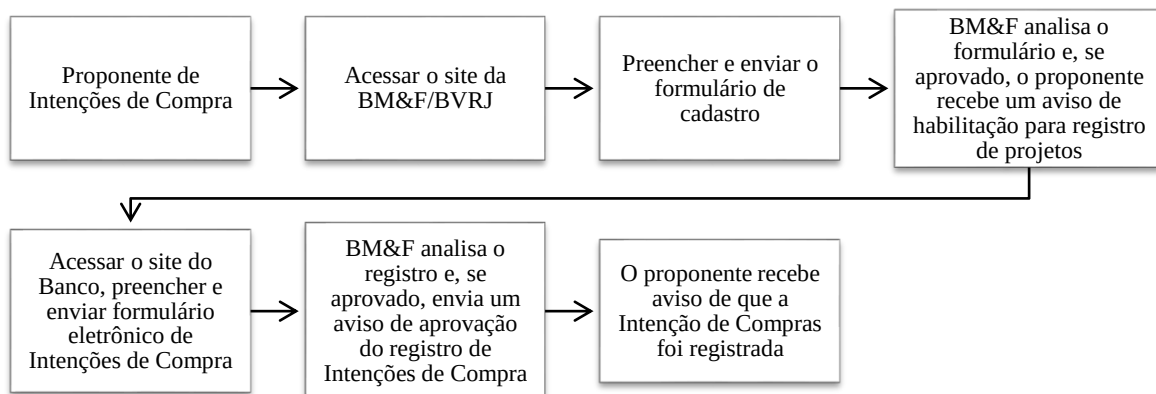
Processo 2 - Obtenção de Banco de Projetos



Fonte: Erika M. L. Celegato Teixeira – Mercado de Créditos de Carbono

Quem deseja obter créditos também deve seguir as seguintes etapas:

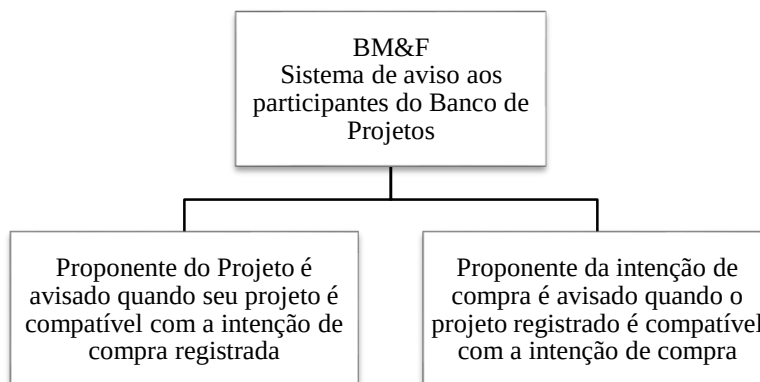
Processo 3 - Obtenção de Intenções de Compra



Fonte: Erika M. L. Celegato Teixeira – Mercado de Créditos de Carbono

A BM&F intermedia a interação entre vendedor e comprador:

Processo 4 - Intermediação das partes



Fonte: Erika M. L. Celegato Teixeira – Mercado de Créditos de Carbono

Figura 10 - Anexo II: Formulário de Cadastramento – Mercado de Carbono

Pedido de habilitação como participante do Leilão de Venda de RCE na(s) categoria(s):				
☐ Ofertante Comprador (*) ☐ Participante Representante (**)				
Razão Social			Nome Resumido	
CNPJ (ou nº de registro equivalente)				
Endereço Matriz			Nº	Complemento
Cidade	Estado	País	CEP	
Site				
Dados do Responsável pelo Participante				
Nome			Cargo	
E-mail			Fone	
Fax				
(*) Indicar nome do Participante Representante no Leilão de Venda de RCE nº 001/12:				
(**) Relacionar os nomes dos Ofertantes Compradores que serão abrangidos pelas garantias constituídas pelo Participante Representante: 1. _____ 2. _____ 3. _____ [...]				
Observações				
Assumimos total responsabilidade pelas informações prestadas neste formulário e comprometemo-nos a imediatamente atualizá-las em caso de alterações. Declaramos nosso pleno conhecimento das regras estabelecidas no Edital do Leilão de Venda de Reduções Certificadas de Emissão (RCE) nº 001/12 a ele nos sujeitando e concordando com todos os seus termos. Local e data _____ Representantes legais				

Fonte: BM&FBovespa (2012)

Segundo a BM&FBovespa, cada leilão de comércio de carbono é modelado de acordo com as características específicas de cada oferta, as regras de negociação são divulgadas através de anúncios públicos ou editais ou fornecedores conveniados, há ainda possibilidades dos leilões serem públicos ou privados.

Figura 11 - Edital de leilão BM&FBovespa

EDITAL DE LEILÃO nº 001/2012

PROMOÇÃO: PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO
REALIZAÇÃO: BM&FBOVESPA S.A. – BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS

LEILÃO DE VENDA DE REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÃO (RCE)

A BM&FBOVESPA S.A. – Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros, inscrita no CNPJ sob o nº 09.346.601/0001-25, com sede na Praça Antônio Prado, nº 48, 7º andar, Cidade e Estado de São Paulo, Brasil, a seguir denominada **BM&FBOVESPA**, torna pública a realização de **LEILÃO** público de venda de Reduções Certificadas de Emissão (**RCE**), de titularidade da Prefeitura da Cidade de São Paulo, a seguir denominada **PREFEITURA**, nos termos da legislação pátria em vigor e das regras internacionais aplicáveis ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (**MDL**), criado pelo artigo 12 do Protocolo de Quioto.

O **LEILÃO** e os procedimentos a ele relativos serão regidos pelas disposições contidas neste **EDITAL** e em seus Anexos, observados os demais atos normativos nacionais e internacionais aplicáveis.

Fonte: BM&FBovespa (2012)

Além de possuir outras atribuições:

Figura 12 - Edital de leilão BM&FBovespa

Leilão de Venda de Reduções Certificadas de Emissão (RCE)

 [Edital nº001/2012](#)

Preço mínimo (€/tCO₂): 2,70

Anexos

-  [Anexo I – Modalidade de Comunicação](#)
-  [Anexo II - Formulário de Cadastramento](#)
-  [Anexo III – Termo de Adesão](#)
-  [Anexo IV - Procuração](#)
-  [Anexo V – Instrumento de Penhor](#)
-  [Anexo VI – Cartas de Fiança](#)
-  [Anexo VII – Relação de Bancos](#)
-  [Anexo VIII – Manual do Usuário](#)

 [Títulos aceitos como garantia](#)

 [Ata do Leilão](#)

Fonte: BM&FBovespa, 2012

De acordo com Rizério (2012), a BM&FBovespa, no ano de 2012, realizou o terceiro leilão de Créditos de Carbono. As RCEs, de titularidade da Prefeitura de São Paulo, tiveram um volume financeiro de € 1,75 milhão (equivalentes a cerca de R\$ 4,47 milhões). A Mercuria Energy Trading (empresa suíça com amplo comércio de energia) arrematou o lote a € 3,30 por crédito de carbono, 22% acima do preço mínimo estipulado de € 2,70 por crédito de carbono. Foram leiloados, em

um único lote, 530 mil RCEs geradas pelo Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia nos termos da MDL.

O sistema de negociação proporciona acesso a corretoras associadas à BM&F, representando seus clientes e participantes do mercado de carbono global (traders do mercado de RCE e do mercado de permissão europeu, fundos de carbono, organismos multilaterais de financiamento e entidades governamentais).

A BM&F garante a boa execução dos negócios como o depósito prévio, pelos compradores e/ou vendedores, na forma e no valor estabelecidos no edital do leilão.

Em concordância com Teixeira *et al* (2010), após encerramento do leilão, havendo fechamento dos negócios, o comprador efetua pagamento em conta de custódia (no Brasil ou Exterior) a ser indicada pela BM&F, onde os recursos ficarão depositados até a liquidação total da operação. O comprador deve fornecer a carta de aprovação emitida pela entidade governamental de seu país, autorizando-o a receber os créditos adquiridos. Os créditos são transferidos ao comprador através do sistema de registro do MDL. O banco credenciado efetua a transferência do pagamento ao vendedor e encerrando-se a liquidação do negócio, os comprovantes são emitidos. É cobrada do participante, a título de remuneração dos serviços prestados pela BM&F, taxa correspondente a 0,25% do volume financeiro do negócio fechado no leilão. Estão isentos dessa taxa os vendedores e/ou o comprador que se enquadrarem na categoria de entidade governamental ou organismo multilateral de financiamento.

Ações do dia-a-dia também têm impactos ambientais. Calculado através da pegada de carbono, onde se identifica e se calcula o quanto de CO₂ foi emitido ou deixado de emitir. Exemplos disso são: acionamento de interruptores de luz, voos, utilização de veículos convencionais, etc. Em dois dias, o uso do carro como meio de locomoção, consome quase o mesmo que 1 mês de utilização de metrô. Um carro movido a gasolina emite cerca de 0,15 Kg de CO₂ por quilômetro, enquanto o metrô emite cerca de 0,012 Kg gramas de CO₂. Conclui-se então que o transporte público é menos emissor e há ainda outra vantagem de carregar mais pessoas por menos.

Segundo VALLE do C. (2014), em uma determinada frota de metrô de São Paulo, a quantidades de assentos é de 264 lugares disponíveis, sem contar com passageiros que viajam a pé. Nesse caso, contando apenas com passageiros sentados, há uma redução de, teoricamente, 264 veículos nas ruas com a utilização do metrô. Isso poderia gerar uma redução de 39,6 Kg/Km.

Estudos revelam que 1 tonelada de CO₂ é equivalente ao plantio de 7,14 árvores. Pensando nisso, a Comissão Permanente de Gestão Ambiental (PGAS) criou a Calculadora de Emissão de CO₂. Onde pode-se calcular as emissões mensais a partir do consumo mensal de luz (KWH/mês), botijões de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) (Kg/mês), Gás Natural (M³/mês), veículos movidos a gasolina, etanol ou diesel (Km/mês), transportes aéreos (Km), destinação dos resíduos (Kg/dia).

Figura 13 - Calculadora de CO₂

Ônibus em Perímetro Urbano	1	2.28
Ônibus em Rodovia	1	0.6
Veículo Movido a GNV	Km Rodados no Mês	Emissão de CO ₂ /Mês
Carro	1	3.128
Atividade	Transporte Aéreo - Km de Distância (ida e volta)	Emissão de CO ₂ /Mês
Viagem Nacional	1	0.100188
Viagem Internacional	1	0.112465
Destinação	Resíduos Sólidos - Quantidade Gerada por Dia (em quilos)	Emissão de CO ₂ /Mês
Aterros	1	983.6
Total de Emissões (Ton CO ₂)		Árvores Necessárias a Compensação
1.0435328633		7.45583158372081

Fonte: PGAS (2020)

Utilizando números fictícios, através da calculadora de CO₂, é possível calcular quantas árvores serão necessárias para a efetivação da compensação, conforme mostra a figura 11.

Figura 14 - Emissão per capita de alguns países

País	Per capita (tCO ₂ e habitante / ano)
Brasil	7.85
EUA	27.31
China	8.24
Coreia do Sul	12.52
Canadá	21.73
Argentina	9.28
México	6.91
Suíça	6.78
África do Sul	8.61
Moçambique	14.70
Arábia Saudita	17.18
Rússia	18.14
Cuba	4.42

Fonte: Iniciativa Verde (2014)

Segundo ROSA, M. (2013), um estudo realizado pelo Instituto Totum e pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) em parceria com a Fundação SOS Mata Atlântica, considera que cada árvore da Mata Atlântica absorve cerca de 163,14 kg de CO₂e ao longo de seus 20 primeiros anos. Além disso, programas de restauração florestal, no período de 2000 a 2011, estimou que o plantio de 23.354.266 árvores do Clickárvore retirou da atmosfera cerca de 1,05 milhões de tCO₂e, o que significa 7,27Kg de CO₂ por árvore por ano. E de 2003 a 2011, 3.842.426 árvores do Florestas do Futuro retiraram cerca de 194,23 mil tCO₂e, o que corresponde a remoção de 10,11 Kg de CO₂ por árvore por ano. A variação se dá pelas diferentes espécies, climas e solos, o que podem impactar na vida e no desenvolvimento das árvores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após verificar alguns fatos históricos por trás da comercialização de carbono, através do protocolo de Kyoto, pode-se concluir que é difícil julgar a qualidade e a eficácia das compensações de carbono, visto que é um mercado emergente, as árvores podem não durar sua vida inteira e os projetos ainda podem apresentar inconstâncias. Mas ainda assim ele tem forte influência sobre a conscientização de redução de GEE, ou seja, torna transparente a comunicação ambiental mundial, gerando uma reeducação ambiental, já que adquirindo fundos a partir de seu comércio, é possível investir em outras opções sustentáveis.

As vantagens que podem ser consideradas é que, de fato, esse comércio colabora para a não emissão de gases, ocasionando reduções no aquecimento global e promovendo uma estabilização do efeito estufa. Além de que, quem os vende, obtém incentivos fiscais para aplicação em infraestruturas e organizações com intuito de ser sustentável. A exemplo da Ciclus, que acolheu os ex-catadores da região, promoveu palestras ambientais, a qualificação e recolocação de profissionais no mercado, incentivo à educação, investimento em sustentabilidade no aterro, obras de urbanização no entorno do local, dentre outras promoções que surgiram conforme o Aterro comercializava seus créditos.

Todavia, ainda assim há controvérsias. Através de pesquisas, percebeu-se que muitos estudiosos e ambientalistas acreditam que esse comércio entrega o direito de poluir, ou seja, países continuam a poluir em grandes quantidades e mascaram suas realidades com a compra de créditos de carbono.

Pode-se levar tempo até que se possa ter uma conclusão de que realmente esse comércio

tende a reduzir a poluição ambiental mundial e assim, reduzir os impactos causados pelas emissões de Gases do Efeito Estufa.

Contudo, não à toa, a mudança de destinação final dos resíduos sólidos permitiu um grande ganho para a cidade do Rio de Janeiro. Conforme dito anteriormente, encerrou-se, em 2012, o Aterro Controlado de Gramacho, minimizando os impactos ambientais para a cidade, apesar de ainda permanecer “abandonado”. Hoje, os resíduos gerados vão para o Aterro Sanitário de Seropédica, onde são devidamente depositados e tratados, conforme NBR 8419, e de acordo com leis municipais e federais. Também com a reutilização do chorume, transformado em água de reuso, para uso industriais e a utilização do biogás como fonte energética ou ainda com sua comercialização.

Ainda assim, pode-se afirmar que a comercialização de créditos de carbono entrega à essas empresas o direito de poluir, não somente reduzindo a emissão de gás metano (CH_4), mas transformando-o em gás carbônico (CO_2), poluindo da mesma forma, porém, em menor escala de potencial de poluição.

Agradecimentos

A Deus pelo dom da vida e por me permitir chegar até aqui, me concedendo saúde, força, paciência e sabedoria para superar as dificuldades.

A toda minha família por toda dedicação em me oferecer apoio enquanto precisei.

A universidade por me proporcionar experiências teóricas e práticas para incorporar o meu futuro eu profissional.

À minha professora e orientadora Rachel Sampaio pela paciência, dedicação e suporte em sua orientação, me corrigindo e incentivando.

E a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da trajetória de minha formação acadêmica, o meu muito obrigado!

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Mercado de Carbono.** [S.I.]. Disponível em:
<https://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/ghg/Mercado_de_Carbono> Acesso em: 20 maio 2020.

BIOMASSA. **Biocombustíveis Gasosos.** 2019. Disponível em: <
http://www.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=65&ID_area=2&ID_sub_area=2> Acesso em: 21 maio 2020.

BMFBOVESPA. **Leilões de Créditos de Carbono.** Disponível em:
<http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/leiloes/credito-de-carbono/> Acesso em: 05 maio 2020.

BRAGA & VEIGA. 2010. **O Setor Energético e as Mudanças Climáticas.** Boletim Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro, a.5, n.53, p. 1-2, 2010. Disponível em:
<<https://www.bcb.gov.br/pre/boletimrsa/BOLRSA201012.pdf>> Acesso em: 11 mai. 2020.

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 República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Lei nº 20, de 1 de julho de 1974. **Dispõe sobre a criação de Estados e Territórios.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1974.

CABRAL, K. 2019. **O que é o Acordo de Paris?** CEBDS. Disponível em: <<https://cebds.org/o-que-e-o-acordo-de-paris/#.XryLQGhKizchhttps://bluevisionbraskem.com/inteligencia/economia-florestal-como-funcionam-os-creditos-de-carbono/>> Acesso em: 04 abr. 2020

CICLUS AMBIENTAL DO BRASIL. **CICLUS**, 2020. Página inicial. Disponível em:
<<http://www.ciclusambiental.com.br/index.php>> Acesso em: 10 de maio de 2020.

CNN. **Kyoto Protocol Fast Facts.** 2020. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/2013/07/26/world/kyoto-protocol-fast-facts/index.html>> Acesso em: 12 mar. 2020.

ELK, A. G. H. P. V. **MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO aplicado a resíduos sólidos. Redução de Emissões na Disposição Final.** 2007. DISPONÍVEL EM:

<https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023918.pdf> Acesso em: 23 maio 2020.

FILIPETTO, A. **Ciclus – A Empresa**. [S.I.]. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/72031277-Ciclus-a-empresa-ciclus-haztec-gestao-de-residuos-julio-simoes-logistica-a-ciclus-ja-nasce-herdando-grande-know-how-em-sua-area-de-atuacao.html>> Acesso em: 19 maio 2020.

FIOCRUZ. **Mapa de Conflitos Envolvendo Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/?conflito=rj-tentativa-de-construcao-de-aterros-de-lixo-no-rio-de-janeiro-no-bairro-de-paciencia-e-no-municipio-de-seropedica-enfrentam-protestos-dos-moradores-ambientalistas-do-ministerio-publico-do-tcu-e>> Acesso em: 15 abr. 2020.

FRONDIZI, I. 2009. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. Guia de Orientação – 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/guia_mdl_mct_2009.pdf> Acesso em: 09 maio 2020.

GIMENES & HISING. **Aterros sanitários, aterros controlados e lixões: entenda o destino do lixo no Paraná**. CETESB, 2017. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2017/08/01/aterros-sanitarios-aterros-controlados-e-lixoes-entenda-o-destino-do-lixo-no-parana/>> Acesso em: 02 maio 2020.

IHU. **A concentração de CO2 atinge o maior nível em 5 milhões de anos**. 2018. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/580203-a-concentracao-de-co2-atinge-o-maior-nivel-em-5-milhoes-de-anos>> Acesso em: 08 maio 2020.

INICIATIVA VERDE. **Calcule sua Pegada de Carbono Pessoal!** Disponível em: <<https://www.iniciativaverde.org.br/calculadora/index.php>> Acesso em: 17 maio 2020.

JUSBRASIL. Farenzena Advocacia: **Como Funciona o Mercado de Créditos de Carbono**. Disponível em: <<https://farenzenaadvocacia.jusbrasil.com.br/artigos/604057254/como-funciona-o-mercado-de-credito-de-carbono>> Acesso em: 16 jan. 2020.

MACIEL, C.V.; *et al.* **Crédito de Carbono: Comercialização e Contabilização a partir de Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo**. Revista de Informação Contábil, 2009. Vol. 3, p.95. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/ricontabeis/article/view/7914/7991>> Acesso em: 11 mai. 2020.

MCKIE, R. **Humans hunted for meat 2 million years ago**. The Guardian, 2012. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/science/2012/sep/23/human-hunting-evolution-2million-years>> Acesso em: 04 out. 2019.

MMA. **Protocolo de Quioto**. Ministério do Meio Ambiente. [S.I.]. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>> Acesso em: 05 out. 2019.

MMA. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. Ministério do Meio Ambiente. [S.I.]. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global#content>> Acesso em: 06 maio 2020.

MPGO. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL**. [S.I.]. Disponível em: <<http://www.mpggo.mp.br/portal/noticia/mecanismos-de-desenvolvimento-limpo-mdl#.XsC1ZWhKjIW>> Acesso em 02 maio 2020.

NASCIMENTO, R. M. **Construção de Indicadores Ambientais como Instrumento de Análise da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Avaliação do Centro de Tratamento de Resíduos Santa Rosa – Rio de Janeiro**. 2018. Disponível em: <<http://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2018/construcao-de-indicadores-ambientais-como-instrumento-de-analise-da-gestao-integrada-de-residuos-solidos-urbanos-uma-avaliacao-do-centro-de-tratamento-de-residuos-santa-rosa-2013-rio-de-janeiro/view/++widget++form.widgets.dissertacao/@@download/Raphael+Motta+Nascimento+-Disserta%C3%A7%C3%A3o+final+-+2018.pdf>> Acesso em: 20 maio 2020.

ONU. **17 objetivos para transformar nosso mundo**. [S.I.]. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso em: 05 abr. 2020.

ONU. **A ONU e o Meio Ambiente**. [S.I.]. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>> Acesso em: 03 out. 2019.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. [S.I.]. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>> Acesso em: 05 abr. 2020.

ONU. **United Nations Conference on Sustainable Development, Rio+20**. 2012. Disponível em:

<<https://sustainabledevelopment.un.org/rio20>> Acesso em: 06 maio 2020.

ONU. **United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Earth Summit.** 1992. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/unced>> Acesso em: 03 maio 2020.

ONU. **World Summit on Sustainable Development (WSSD), Johannesburg Summit.** 2002. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wssd>> Acesso em: 05 maio 2020.

PAZ, E.M. de S.M., *et al.* **Revolução Industrial e Meio Ambiente: Questões para Refletir.** 2015. Disponível em: <<http://www.emdialogo.uff.br/content/revolucao-industrial-e-meio-ambiente-questoes-para-refletir>> Acesso em: 05 out. 2019.

QUEIROZ & MARAFON. **Os caminhos do lixo na cidade do Rio de Janeiro.** E-Publicações, 2015. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cdf/article/download/26559/19618>> Acesso em: 26 abr. 2020.

RETTMANN, R. **O que é e como funciona o Mercado de Carbono?** [S.I.]. Disponível em: <<https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/o-que-e-e-como-funciona-o-mercado-de-carbono/>> Acesso em: 05 abr. 2020.

RIO DE JANEIRO (RJ). Prefeitura. Decreto nº 42.605, de 25 de novembro de 2016. **Institui o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro.** 2017 – 2020. Rio de Janeiro, RJ, 2016

RIO DE JANEIRO (RJ). Prefeitura. **Inventário das Emissões de Gases do Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro em 2012 e Atualização do Plano de Ação Municipal para Redução das Emissões.** 2015. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.data.rio/datasets/9b0b09275c414f258bbbd3cbb4215ae8>> Acesso em: 17 abr. 2020.

RIZERIO, L. 2012. **BM&FBovespa realiza 3º leilão de créditos de carbono, arrecadando R\$ 4,47 milhões.** InfoMoney. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/negocios/bmfbovespa-realiza-3o-leilao-de-creditos-de-carbono-arrecadando-r-447-milhoes/>> Acesso em: 11 maio 2020.

ROSA, M. **Cada árvore da Mata Atlântica chega a retirar 163Kg de CO2 da atmosfera.** 2013. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/cada-arvore-da-mata-atlantica-chega-a->>

retirar-163-kg-de-co2-da-atmosfera/>. Acesso em 17 maio 2020.

TCHAU, E. 2020. **Criminosos tomam conta de área próxima ao antigo lixão de Gramacho, Duque de Caxias**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/01/24/criminosos-tomam-conta-do-lixao-de-gramacho-que-deveria-estar-desativado-ha-quase-8-anos.ghtml>> Acesso em: 17 maio 2020.

TEIXEIRA, E.M.L.C.; *et al.* **Mercado de crédito de Carbono**. 2010. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/CreditoCarbono/index.htm> Acesso em: 11 maio 2020.

TJPR. **Calculadora de CO₂**. [S.I.]. Disponível em: <<https://www.tjpr.jus.br/web/gestao-ambiental/calculadoraco2>>. Acesso em: 17 maio 2020.

TORRES, C. *et al.* 2015. **Projetos de MDL no Brasil: Oportunidade de Mercado para Empresas e Para novas Entidades Operacionais Designadas**. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2016000300199&script=sci_arttext&tlng=pt> Acesso em: 10 maio 2020.

WRI. **Quatro metrópoles brasileiras assumem compromisso de pôr em prática o acordo de paris**. 2019. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/02/maiores-cidades-brasileiras-assumem-compromisso-para-por-em-pratica-o-acordo-de-paris>> Acesso em: 17 abr. 2020.