

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**PROJETO DE MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO
LIMPO REALIZADO NA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES E
RECICLADORES DO BAIRRO TAIAMAN – ASSOMAN, EM
UBERLÂNDIA - MG**

BRUNO DE RESENDE BARBOSA

UBERLÂNDIA

2018

BRUNO DE RESENDE BARBOSA

**PROJETO DE MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO
LIMPO REALIZADO NA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES E
RECICLADORES DO BAIRRO TAIAMAN – ASSOMAN, EM
UBERLÂNDIA - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Ambiental, da
Universidade Federal de Uberlândia, como
forma de requisito para aprovação na disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Orientadora: Profa. Dra. Miriam Takimura

UBERLÂNDIA

2018

Lista de Tabelas

Quadro 1 - Mecanismos para prevenção de riscos 14

Tabela 1 – Massa seca de papelão comercializada pela ASSOMAN entre 2014 e 201528

Tabela 2 - Cálculo de emissões de GEE por disposição final em aterro sanitário, por diferentes métodos..... 29

Tabela 3 - Dados de emissões consolidados para todos os GEE e escopos 31

Lista de Figuras

Figura 1 – Fluxograma metodológico do desenvolvimento da pesquisa	20
Figura 2 – Localização do município de Uberlândia, no Estado de Minas Gerais.....	21
Figura 3 – Etapas do processo de separação da chegada do resíduo até sua comercialização - a) chegada do resíduo pelo caminhão da coleta seletiva; b) resíduos despejados misturados; c) após a triagem, resíduos separados em sacos por tipo; d) fardos de papelão	26
Figura 4 – Variação temporal entre o ano de 2014 e 2015 da massa seca de papelão coletada pela ASSOMAN.....	27

Sumário

1 Introdução	3
1.2 Hipótese da pesquisa.....	5
2 Objetivo	6
2.1 Objetivo geral	6
2.2 Objetivos específicos	6
3 Referencial teórico	7
3.1 Histórico das conferências sobre mudanças climáticas	7
3.2 Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL)	9
3.4 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos e aplicação como MDL....	12
3.5 Formas de cálculos de GEE em projetos de MDL.....	16
4 Procedimentos da pesquisa	20
4.1 Área de estudo	20
4.2 Identificação da coleta seletiva na cidade de Uberlândia	21
4.3 Quantificação do material para reciclagem	22
4.4 Quantificação das emissões de GEE por disposição em aterro	22
4.5 Quantificação das emissões de GEE pelo processo de reciclagem	23
4.6 Balanço de carbono e créditos de carbono	24
5 Resultados e discussão.....	25
6 Considerações finais	33
6.1 Considerações finais	33
6.2 Recomendações	34
7 Referências	36

PROJETO DE MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO REALIZADO NA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES E RECICLADORES DO BAIRRO TAIAMAN – ASSOMAN, EM UBERLÂNDIA – MG

Resumo

Após as crescentes preocupações com as questões ambientais, desde o início da década de 70, e mais recentemente incorporando a preocupação com as mudanças climáticas a nível global, tem surgido e expandido nos tratados internacionais propostas para promover o desenvolvimento sustentável, reduzindo os impactos negativos ambientais, sociais e econômicos. Uma das propostas apresentadas junto ao Protocolo de Kyoto, é o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o mercado de créditos de carbono. Essa proposta visa incentivar o crescimento econômico nos países em desenvolvimento, a partir de tecnologias mais limpas, de forma que as reduções das emissões de carbono possam ser adquiridas pelos países desenvolvidos. Dentro desse contexto, a gestão integrada de resíduos sólidos pode ser adaptada para que as novas formas de gestão e as novas tecnologias de tratamento dos resíduos possam ser utilizadas como MDL e comercialização de créditos de carbono. Esse estudo teve como objetivo realizar um estudo de caso em escopo reduzido, para avaliar a viabilidade da adoção da gestão integrada de resíduos sólidos incorporando a coleta seletiva e reciclagem como MDL. Para tal, foi avaliado o sistema de coleta seletiva do município de Uberlândia. Os balanços de carbono entre os dois cenários alternativos (disposição final em aterro sanitário e reciclagem) foi feito a partir de quatro metodologias diferentes e com o emprego do GHG protocol adaptado para o Brasil. Os resultados mostraram-se promissores, com redução das emissões, mas ainda é necessário que o estudo seja feito para um escopo maior, e de forma oficial pela administração pública.

Palavras-chave: Gestão integrada de resíduos sólidos; Mudanças climáticas; Créditos de carbono; Coleta seletiva; Balanço de carbono.

Abstract

After the growing concerns about environmental issues since the early 1970s, and more recently incorporating concerns about climate change, it has emerged and expanded in international treaties proposed to promote sustainable development, reducing negative environmental, social and economic impacts. One of the proposals presented under the Kyoto Protocol is the so-called Clean Development Mechanism (CDM) and the carbon credits market. This proposal aims to stimulate economic growth in developing countries from cleaner technologies so that reductions in carbon emissions can be gained by developed countries. In this context, integrated solid waste management can be adapted so that new forms of management and new waste treatment technologies can be used as CDM and carbon credit trading. The purpose of this study was to conduct a case-study with a reduced scope to evaluate the feasibility of adopting this waste management as a CDM. For that, the selective collection system of the city of Uberlândia was evaluated. The carbon balance between the two alternative scenarios (final disposal in landfill and recycling) was made from four different methodologies and using the GHG protocol adapted for Brazil. The results were promising, with emission reductions, but it is still necessary for the study to be done for a larger scope, and officially by the public administration.

Key-words: Integrated solid waste management; Climate changes; Carbon credits; Selective waste collection; Carbon balance.

1 Introdução

A preocupação com as mudanças dos processos ambientais e a capacidade do ambiente em suportar uma industrialização avançada e uso intensivo de recursos naturais crescente começou a ter uma repercussão internacional com a publicação do documento “Limites do crescimento” em 1968, elaborado pelo Clube de Roma (MEADOWS et al., 1972, DE OLIVEIRA, 2012). A partir da publicação deste relatório a comunidade internacional começou a se preocupar com a questão ambiental e em como o modo e padrão de vida modernos impactavam os recursos naturais, a conservação do meio ambiente e suas consequências para a biosfera, incluindo a particularidade da vida humana. Desde então, diversas conferências internacionais foram realizadas, sendo apresentados questões específicas como a biodiversidade, florestas tropicais, crescimento e desenvolvimento humano, e mais recentemente sobre mudanças climáticas (PORTILHO, 2005).

Para Portilho (2005), uma das grandes questões levantadas desde a primeira conferência, realizada em 1972 em Estocolmo, é a dicotomia entre crescimento populacional, desenvolvimento econômico e conservação/preservação do meio ambiente. No relatório “Limites do crescimento” foi apresentada uma visão de crescimento zero, dizendo que deveríamos parar o crescimento populacional e crescimento econômico (industrialização) para manter a quantidade de recursos necessários para a sobrevivência humana. No entanto, os países em desenvolvimento, liderados pelo Brasil, apresentaram sua preocupação com a realidade socioeconômicas atual em suas localidades. Impedir a continuação do processo de industrialização nesses países seria impedir a melhoria das condições sociais para a maior parte da população. Após a descrição de como ocorreram as discussões ao longo das três conferências do meio ambiente, Portilho (2005) observa que ocorreram três deslocamentos discursivos a respeito deste tema, e hoje encontra-se no paradigma de que a maior pressão sobre o meio ambiente ocorre a partir dos padrões de consumo elevados que as sociedades (cada vez mais desenvolvidas) apresentam.

Assim, como forma de suprir essa diferença histórica nos padrões de desenvolvimento das sociedades, o Protocolo de Quioto, que discutiu especificamente a questão das mudanças climáticas globais, adotou metas de reduções diferentes para países com níveis econômicos diferentes, seguindo o princípio de responsabilidade compartilhada, mas diferenciada. Complementarmente, foram adotados alguns mecanismos para auxiliar na redução das emissões estufa, dentre elas pode-se citar o

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este mecanismo se baseia em desenvolver ações e projetos que impliquem na redução das emissões adicionais que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais e mensuráveis a longo prazo, visando a mitigação na mudança do clima. Estes projetos são realizados em países em desenvolvimento, que compõem o anexo II do Protocolo (p. ex: Brasil, China, Índia, África do Sul, dentre outros), auxiliando a redução da emissão para os países do anexo I (p. ex.: Inglaterra, França, Suíça, Alemanha, dentre outros). Ou seja, o MDL permite que os países industrializados atinjam suas metas sem prejudicar sua economia, através do incentivo de atividades de desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos (PEREIRA, 2003).

Dentro dos setores em que os MDL podem ser desenvolvidos encontra-se a gestão e tratamento de resíduos (setor 13), que incorpora os resíduos sólidos (MESQUITA JUNIOR, 2007). Os resíduos sólidos podem apresentar como processamentos finais a disposição final em aterros sanitários, incineração, compostagem e reciclagem, por exemplo. Todos esses processos requerem recursos financeiros e técnicos para que os impactos no meio sejam diminuídos. A disposição final sem planejamento adequado gera inúmeros impactos negativos, a saber: contaminação dos recursos hídricos (águas subterrâneas e águas superficiais), contaminação do solo por poluentes orgânicos e inorgânicos, disseminação de vetores de doenças, geração de poluentes atmosféricos (no caso de incineração não controlada), geração de gases de efeito estufa (BESEN et al., 2010; CEMPRE, 2010).

Assim, o gerenciamento e gestão adequada dos resíduos sólidos é de extrema importância para reduzir os impactos negativos (a nível local e global) e aumentar o desenvolvimento sustentável das cidades e países. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010) foi aprovada em 2010. Esta lei dispõe sobre como os municípios devem fazer o gerenciamento e gestão dos resíduos sólidos, propõe uma separação dos resíduos em classes e apresenta tipos de tratamento a serem implantados, ordem de preferência para a aplicação e mecanismos a serem utilizados para responsabilizar o poder público, consumidor e produtor igualmente.

No que diz respeito às mudanças climáticas, aplicando os mecanismos previstos na PNRS é possível reduzir a emissão de gases de efeito estufa, tanto pela redução da quantidade de resíduos produzida, como pela diversificação dos processamentos finais. Além do mais, a incorporação de novas tecnologias nos processos clássicos, como por

exemplo a produção de energia a partir do metano em aterros sanitários, também permite reduzir as emissões. No entanto, para cidades de pequeno e médio porte, onde os planos de saneamento básico estão sendo implementados a pouco tempo e que ainda apresentam dificuldade no gerenciamento dos resíduos, a diversificação de tecnologias acaba sendo inviável, devido ao nível de complexidade e demanda de recursos econômicos (JACOBI E BENSEN, 2011).

Este estudo visa avaliar a potencialidade de utilizar a diversificação do processamento final dos resíduos sólidos a partir das diretrizes do PNRS, como uma forma de MDL para redução da emissão de gases de efeito estufa, gerando créditos de carbono. Para tal, será feito um estudo de caso avaliando o processo de coleta seletiva realizado pela Prefeitura Municipal de Uberlândia, localizada na região do Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais.

1.2 Hipótese da pesquisa

Mudando o processo de gerenciamento dos resíduos sólidos no município de Uberlândia, integrando a reciclagem como um MDL dentro do processo para além da disposição final em aterro sanitário, é possível reduzir a emissão de carbono para a atmosfera e gerar créditos de carbono, podendo reverter em recursos financeiros para o município. Para além disso, a reciclagem contribui para uma diminuição da quantidade de carbono na atmosfera, contribuindo a nível local para a redução das causas das mudanças climáticas.

2 Objetivo

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar o modelo de coleta seletiva do município de Uberlândia para adequação ao escopo do MDL, avaliando o uso desse mecanismo para o papelão coletado pela associação de catadores “ASSOMAN”, associação parceira da Prefeitura Municipal, visando quantificar a possível participação no mercado de créditos de carbono, a partir de metodologia de balanço simples de carbono.

2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos deste trabalho propomos:

- Identificar o processo desde a chegada do papelão na associação ASSOMAN até sua venda;
- Quantificar e identificar o material coletado pela Associação ASSOMAN;
- Propor o uso de modelos de mensuração e conversão dos materiais em carbono pelo processo de disposição final em aterro sanitário e pelo processo de reciclagem;
- Avaliar o balanço de carbono no processo de reciclagem dos materiais de papelão coletados pela Associação ASSOMAN;
- Avaliar a quantidade de créditos de carbono gerado e a possível conversão em recursos financeiros.

3 Referencial teórico

3.1 Histórico das conferências sobre mudanças climáticas

A partir da Revolução industrial realizada na Inglaterra em meados do século XVIII, o planeta terra se encontrou em constante desenvolvimento e evolução tecnológica. Porém, com o passar dos anos, essa evolução foi realizada de forma desenfreada e sem nenhuma preocupação com a sustentabilidade dos recursos e do meio em que estamos inseridos (MORADILLO et al., 2004).

Foi apenas em 1972 que houve o primeiro gesto de preocupação com o meio ambiente, no âmbito mundial. A Organização das Nações Unidas, em parceria com os Estados e a Comunidade Científica, realizou a Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, que ficou conhecida como Conferência de Estocolmo e teve como objetivo minimizar o impacto do homem sobre o planeta (MACHADO, 2006; RIBEIRO, 2010). Com a realização da Conferência de Estocolmo criou-se no mesmo ano a PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que tem como função liderar a preocupação mundial sobre o meio ambiente.

Anos depois, em 1988 em Toronto, no Canadá, foi realizada a primeira reunião entre chefes de Estados e cientistas, a fim de discutir sobre as mudanças climáticas advindas do chamado desenvolvimento a qualquer custo. Concluiu-se que os impactos eram grandiosos, o que sucumbiu na criação do IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, cujo objetivo era divulgar conhecimentos mais avançados sobre as mudanças climáticas que afetam o mundo, apontando suas causas, efeitos e riscos e também sugerir maneiras de minimizar o problema (EGUREN, 2004).

A primeira conferência com a presença de diversos chefes de Estados para discutir as mudanças climáticas foi em 1992 e ficou conhecida como ECO-92 ou RIO-92, realizada na cidade do Rio de Janeiro (MESQUITA JUNIOR, 2007). Com a intenção de introduzir um modelo econômico mais sustentável e a ideia de que o crescimento econômico deveria ser menos consumista e mais ecológico, a ECO-92, dentre outros documentos, elaborou a Agenda 21 que é um programa de ação que viabiliza o novo padrão de desenvolvimento ambientalmente racional, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (BARBIERI, 1997).

Os encontros realizados em Estocolmo em 1972, Toronto em 1988 e Rio de Janeiro em 1992 culminaram na primeira tentativa de um tratado de metas a serem cumpridas pelos países a fim de diminuir a emissão de gases de efeito estufa para o meio ambiente, o Protocolo de Quioto em 1997 (SOARES, 2002). Para entrar em vigor o Protocolo deveria ser assinado por países que somando as suas emissões de GEE (gases de efeito estufa) totalizariam no mínimo 50% das emissões mundiais, o que aconteceu apenas em 2005, com a assinatura da Rússia. A princípio a meta de diminuição de GEE era traçada apenas para os países desenvolvidos, entretanto as metas de cada país eram diferentes, variando de acordo com a quantidade de atividades geradoras de GEE em cada território.

O Protocolo de Quioto é a adoção de três mecanismos de mercado, também denominados mecanismos flexíveis, cuja finalidade é alcançar os objetivos da redução de emissões de forma mais eficiente, sem, no entanto, prejudicar o objetivo ambiental em questão, a estabilização da temperatura global. Esses mecanismos de mercado permitem aos países ricos cumprir com as exigências de redução de emissões, fora de seus territórios. Eles estão dispostos no Acordo em três modalidades: Implementação Conjunta (IC), Comércio de Emissões - ambos a serem utilizados entre países industrializados, que compõe o Anexo I (MESQUITA JUNIOR, 2007) - e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) – único mecanismo que admite a participação voluntária de países em desenvolvimento e, portanto, o que interessa ao Brasil (MESQUITA JUNIOR, 2007). As atividades compreendidas nos mecanismos mencionados devem ser realizadas adicionalmente às ações desenvolvidas pelos países industrializados dentro de seus próprios territórios (GUTIERREZ, 2007).

Ainda com relação aos tratados e conferências internacionais abordando os riscos das mudanças climáticas, outras Conferências do Clima foram organizadas pela ONU visando chegar a diretrizes internacionais, como a COP-18, COP-21 e a Rio +20, porém sem grandes avanços com relação a compromissos internacionais nas reduções de GEE (GAMBA E RIBEIRO, 2013). Essas conferências mudaram um pouco o paradigma de diferenciar os países em anexos distintos, com metas distintas e pré definidas de redução, uma vez que se compreendeu que os países em desenvolvimento tinham uma contribuição significativa para a emissão, como por exemplo a China. Sem a adesão da China e dos Estados Unidos, os maiores poluidores atuais, não era possível haver um progresso significativo quanto ao tema (MOREIRA E RIBEIRO, 2016).

Em recente Conferência do Clima em Paris, no ano 2015, obteve-se finalmente um avanço quanto aos compromissos internacionais. O documento aprovado visa limitar o aumento da temperatura global ao máximo de 2°C com relação aos níveis pré-industriais. O grande avanço dessa conferência foi o estabelecimento de metas voluntárias de emissão, em que cada país apresentou voluntariamente uma meta realística de redução das emissões até o ano de 2025, com revisão da meta de cinco em cinco anos, para que realmente seja cumprida. Nesta conferência, o Brasil apresentou uma meta de redução de 37% de suas emissões (BRASIL, 2015; UNFCCC, 2015).

Para compreender como o Brasil pretende atingir a meta de redução indicada é necessário explorar/explanar sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o que é feito a seguir.

3.2 Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Conforme citado na seção anterior, o MDL é um dos mecanismos previstos no Protocolo de Quioto, em que se visa o desenvolvimento de projetos com tecnologias mais sustentáveis e limpas para diversos setores, de forma a se reduzir a emissão de gases do efeito estufa (GEE). Para ser considerado um MDL, estes projetos devem ser realizados voluntariamente em países em desenvolvimento. A redução de carbono proveniente do MDL pode ser comercializada no mercado de créditos de carbono, gerando recursos financeiros para quem vende. O objetivo inicial desse mecanismo é ajudar no desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento, a partir da transferência de tecnologias limpas e recursos financeiros (MESQUITA JUNIOR, 2007, FELIPPETO, 2007).

Assim, o MDL permite que os países industrializados atinjam suas metas sem prejudicar sua economia, através do incentivo de atividades de desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos (PEREIRA, 2003). A forma de pagamento para os países que realizam um MDL é através do crédito de carbono, que é um valor financeiro fixado para cada tonelada de carbono que deixou de ser emitida graças ao mecanismo (DIAS, 1999). Para entrar no mercado de créditos de carbono é necessário um documento de Redução Certificada de Emissões (RCE), documento emitido pelo Conselho Executivo da UNFCCC no âmbito do Protocolo de

Quioto (MESQUITA JUNIOR, 2007). A venda do RCE e seu preço dependerá da quantidade reduzida de emissão e da flutuação de mercado.

Portanto, o Protocolo de Quioto a partir de um MDL procuraria trabalhar sobre duas vertentes: o interesse da coletividade internacional em proteger a atmosfera de um efeito estufa potencializado e a formulação de políticas de mercado para geração de lucro com o comércio de créditos de carbono (MACIEL, 2009). A unidade adotada para qualquer MDL é o carbono, pois os diferentes gases de efeito estufa impactam de forma diferente a atmosfera, portanto todo cálculo do efeito de uma unidade de GEE é feito em relação ao efeito em massa de dióxido de carbono (CO₂) equivalente.

Para ser caracterizado como um projeto de MDL e efetivem a obtenção de RCEs negociáveis no mercado de carbono, deve-se cumprir alguns requisitos essenciais, sendo eles: redução da emissão de GEE adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto; benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, gerar emprego e renda para grupos em situação de exclusão social ou então com renda muito baixa, além de possibilitar que futuramente esse grupo social possa gerir o projeto de MDL; participação voluntária por cada parte envolvida (MESQUITA JUNIOR, 2007).

Para avaliar a viabilidade e potencialidade de um projeto como MDL, primeiramente deve-se traçar uma linha de base, que consiste em fazer o cálculo, em dióxido de carbono, da quantidade emitida para a atmosfera durante certa atividade. Posteriormente deve-se calcular a quantidade de emissão após a implantação do MDL. A diferença entre as emissões de linha de base e as emissões verificadas após a implantação do MDL, incluindo fugas, é chamada de adicionalidade. A adicionalidade é um dos principais critérios para a aprovação de um MDL, pois comprova a eficácia do mecanismo. Para assegurar a adicionalidade de um projeto é necessário: (1) Demonstrar que a quantidade de GEE emitida depois de implementado o projeto será menor que a linha de base; (2) Demonstrar que, na ausência dos incentivos e dos benefícios do MDL, tal projeto não seria viável (MESQUITA JUNIOR, 2007).

Para a efetivação do projeto como MDL e a respectiva obtenção do RCE é um processo complexo, que envolve diferentes agentes para a avaliação e a certificação, e também diferentes etapas a serem cumpridas (MESQUITA JUNIOR, 2007). Quanto as etapas, o projeto deve passar por: (1) Elaboração do Documento de Concepção do Projeto

(DCP) – este documento deve incluir a descrição das metodologias de linha base, monitoramento, ferramenta de cálculo para redução da emissão de GEE, ferramenta para o estabelecimento de limites das atividades de projeto, e ferramenta para o cálculo das fugas, além de conter o período para a obtenção do crédito (LOPES, 2002); (2) Validação; (3) Aprovação; (4) Registro; (5) Monitoramento – com plano bem descrito e como será realizado ao longo do tempo; (6) Verificação/Certificação; (7) Emissão e aprovação das RCEs. Quanto aos agentes, podemos citar: Conferência das Partes – órgão superior que se reúne anualmente e do qual emanam as determinações e as orientações centrais do MDL; Conselho Executivo - órgão consultivo deliberativo; Entidades Operacionais Designadas– acreditadas pelo Conselho Executivo, cumprem as funções de avaliar a adequação do projeto do MDL; Autoridade Nacional Designada (AND) – aprova o projeto segundo critérios de contribuição para o desenvolvimento sustentável do país, autorizando o prosseguimento dos tramites de obtenção de créditos de carbono; Partes interessadas (stakeholders) – indivíduos ou grupos de indivíduos envolvidos ou afetados pelas atividades propostas pelo projeto do MDL; Entidades promotoras do projeto – entes de direito público ou privado interessados na realização da atividade de obtenção do MDL.

Dentre os projetos que podem ser incorporados pelos mecanismos previstos no Protocolo de Quioto, dentre eles, por MDL, existem dois grandes subgrupos que se diferenciam quanto a forma de redução de carbono na atmosfera. O primeiro grupo consiste em projetos que retiram/sequestram carbono já gerado da atmosfera, por exemplo, projetos de reflorestamento e plantio. O segundo grupo são projetos que reduzem as emissões de GEE, quando comparado a forma usualmente feita, a partir do desenvolvimento de novas tecnologias, técnicas, ou práticas de gestão (FELIPETTO, 2007). O segundo subgrupo é normalmente mais utilizado para os projetos de MDL.

Para os países em desenvolvimento, não relacionados no Anexo I do Protocolo, o ganho com o MDL é bastante significativo: entrada de recursos de países estrangeiros, o que gera empregos e investimentos em áreas como saneamento, saúde e outras. Tais recursos não são financiamentos que precisam ser amortizados, são receitas efetivas de operação de venda, isto é, os países desenvolvidos pagam pela qualidade ambiental futura. É uma eficiente forma de transferência de recursos de países ricos para países em desenvolvimento; melhoria da qualidade ambiental com a utilização de tecnologias limpas; modernização das atividades produtivas (FELIPETTO, 2007).

Os créditos de carbono são comercializados em mercados internacionais, que existem mesmo antes da entrada em vigor do Protocolo de Quioto. Após o seu estabelecimento, o mercado encontrou-se dividido grande parte em Quioto (conformidade com o Protocolo de Quioto), sendo liderado pela União Européia, e não-Quioto (não conformidade com o Protocolo de Quioto), sendo liderado pelos Estados Unidos (FELIPETTO, 2007). Atualmente, os principais mercados de carbono do grupo Quioto são: Esquema de Comércio do Reino Unido (UK, Emissions Trading Scheme); Esquema de Comércio de Emissões da União Européia (European Union Emissions Trading Scheme – EU ETS); Bolsa do Clima de Chicago (Chicago Climate Exchange – CCX). Com relação ao grupo não-Quioto, embora os Estados Unidos e alguns outros países não tenham ratificado o protocolo, também existem iniciativas com relação a um mercado de emissões, sendo elas: CCX, Esquema de Abatimento de Gases de Efeito Estufa de New South Wales (NSW), Austrália; Banco Mundial, com a iniciativa do Prototype Carbon Fund (PCF). Com relação ao Brasil, especificamente, foi criado o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, com parceria entre o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) (FELIPETTO, 2007). No mais, pode-se vender diretamente os créditos de carbono para empresas, governos e fundos interessados.

Após um período com grandes dificuldades para os acordos e compromissos internacionais com relação as mudanças climáticas e emissão de GEE, que deixou o mercado de crédito de carbono sob ameaça, a Conferência do Clima de 2015, ocorrida em Paris, revitalizou as metas de redução dos países. Assim, esses projetos foram reavivados e espera-se que voltem a crescer. O Brasil pretende regularizar o seu mercado interno ainda no ano de 2017.

3.4 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos e aplicação como MDL

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei n. 12.305, instalada em 2012 no Brasil, prevê a aplicação da gestão e gerenciamento integrado dos Resíduos Sólidos, sendo essa entendida como a maneira de “conceber, implementar e administrar sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, considerando uma ampla participação dos setores da sociedade e tendo como perspectiva o desenvolvimento sustentável”, devendo ser aplicado como responsabilidade compartilhada entre o poder público,

consumidor e produtor (MESQUITA JUNIOR, 2007). Este conceito inclui a redução da produção nas fontes geradoras, o reaproveitamento, a coleta seletiva com inclusão dos catadores de materiais recicláveis e a reciclagem, a recuperação de energia e a disposição final adequada do resíduo (JACOBI E BESEN, 2010), nessa ordem de preferência.

Desde a implantação da PNRS, a disposição adequada dos resíduos sólidos em aterros sanitários tem aumento. No ano 2000, apenas 17,3% das cidades brasileiras tinham aterros sanitários para disposição final dos resíduos, sendo a maior parte depositado em lixões ou incineração ilegal, e uma outra parcela menor em aterros controlados. Com a PNRS, o cenário de 2014 é de 40% das cidades com aterro sanitário, no entanto ainda 45% das cidades contam com lixão (FÓRUM DE SUSTENTABILIDADE, 2014). Este cenário ainda está longe de ser o ideal, mas apresenta uma melhora crescente no sistema de saneamento básico do Brasil. Adicionalmente, para além da melhora no manejo dos resíduos sólidos urbanos, a gestão integrada também é capaz de aplicar MDL para a redução da emissão de GEE e geração de RCE para a comercialização no mercado de carbono (MESQUITA JUNIOR, 2007). Com a disposição adequada dos resíduos, há uma redução das emissões de biogás sendo tanto pela desativação de lixões e implantação de aterros sanitários, tratamento do gás produzido (seja pela queima ou recuperação energética), como evitar a produção pelo recuperação e reciclagem do resíduo. Assim, a aplicação do MDL dentro do contexto do PNRS pode funcionar como um instrumento aglutinador e facilitador do processo de destinação adequada dos resíduos sólidos, no âmbito municipal (MESQUITA JUNIOR, 2007).

No entanto, existem alguns riscos quanto à sua implantação para os resíduos sólidos, sendo esses políticos, sociais, técnicos, de mercado e outros riscos (FELIPETTO, 2007). Quanto ao risco político, como a gestão dos resíduos urbanos é de competência municipal, as soluções e modelos de gerenciamento institucionais dependem da política adotada pelo governo local. Assim, a troca de gestão municipal a cada quatro anos pode criar descontinuidades para os projetos de MDL (que são de longo prazo, necessariamente mínimo de sete anos). O risco social existe com relação aos catadores de lixo, que possuem um sustento através da coleta de materiais recicláveis presentes nos lixões ou ao longo da cidade. O MDL nesta área requer necessariamente a desativação de lixões, havendo uma consequência direta na vida dessas pessoas, podendo gerar distúrbios sociais que interfiram na continuidade do projeto. Por isso a necessidade de considerar

estas pessoas desde o início do processo. Também há o risco técnico, devemos considerar que os estudos de viabilidade de créditos de carbono calculam uma quantidade estimada de gás que será gerada e coletada por um determinado volume de resíduos sólidos, sendo feita a partir de equações com base estequiométricas, modelos matemáticos e etc. No entanto, a quantidade real coletada pode variar muito, podendo afetar a quantidade de créditos gerados e o retorno financeiro do projeto. A variação da oferta e procura no mercado de créditos de carbono pode gerar uma variação no valor de comercialização do RCE. Dependendo da época, das metas dos países e do desenvolvimento dos projetos, este preço pode cair e também afetar o retorno financeiro do projeto. Esse risco é chamado de risco de mercado.

Existem também outros riscos, como os projetos de MDL adotados se tornarem usuais e perderem o caráter de adicionalidade, ou também a mudança na avaliação do potencial GEE dos gases avaliados. No entanto, para todos esses riscos existem formas de prevenção. No Quadro 1 são apresentados alguns mecanismos para cada um dos riscos apresentados, elaborados por Felipetto (2005).

Quadro 1 - Mecanismos para prevenção de riscos

Risco político	Modelo institucional baseado em contrato forte de concessão (PPP) de longo prazo com o município; O projeto ser referência nacional e internacional.
Catadores	Um amplo programa de responsabilidade social e de geração de emprego e renda
Produção e coleta de gás	Um único operador do aterro, do sistema de gás e das unidades de monitoramento (evita-se o conflito de interesses); Separação dos resíduos industriais dos urbanos dentro do aterro; Um aterro sanitário e um sistema de gás muito bem projetados
Risco de mercado	Políticas de Proteção ao Risco (hedgring)
Oportunidades de negócio	Sempre estudar novas tecnologias e inovações
Risco GWP	Esse risco não tem como ser mitigado, pois não depende de questões internas do projeto, mas sim de estudos científicos.

Fonte: Felipetto (2005)

Alguns projetos de MDL considerando a gestão integrada de resíduos sólidos já foram implantados no Brasil. Para apresentar um panorama de como encontra-se a situação no país selecionamos três artigos, que serão apresentados.

Cruz e Paulino (2010) analisaram a implantação de dois projetos similares aplicados nos aterros Bandeirantes e São João, localizados na cidade de São Paulo. O objetivo deste trabalho foi avaliar se esses projetos ajudam na melhoria da gestão dos resíduos sólidos do município, no contexto de uma cidade de grande complexidade. Os resultados obtidos mostraram que ainda há uma carência de comunicação a respeito do que é o MDL e como o projeto funciona, para as comunidades diretamente envolvidas, gerando assimetria entre os diversos atores envolvidos. Também observaram que há uma deficiência na articulação entre as instâncias da Prefeitura, envolvidas na gestão dos resíduos sólidos.

Outro aspecto avaliado quando a implantação do MDL é a sua capacidade de promover o desenvolvimento sustentável, a partir da transferência de tecnologias, promovendo igualdade e equidade social. Para isso, Michellis (2008) fez um levantamento do perfil das organizações que desenvolvem projetos de MDL no Brasil, com base nos 191 projetos aprovados pela Autoridade Nacional Designada Brasileira para assuntos de MDL. Como resultado, foi observado que 86% dos projetos são desenvolvidos pelas grandes empresas, sendo que 68% são grupos e corporações, usinas sucroalcooleiras, sociedades anônimas dos ramos de energia, celulose e siderurgia, grandes empresas da agroindústria e petroquímica (sendo listadas entre as 500 maiores S.As do Brasil). Este resultado indica que o mercado de carbono é uma reprodução do caráter dominante das grandes empresas e corporações sobre a economia, mantendo a concentração de recursos e benefícios nas mesmas grandes empresas do mercado tradicional. Segundo a perspectiva de Michellis (2008), a reprodução dessa lógica dentro do mercado de carbono fere o princípio do desenvolvimento sustentável, na medida que torna o mercado excludente, não facilitando a transferência de recursos (tecnologia e financeiro).

Por fim, Júnior et al. (2011) fez uma análise de como se encontra o mercado brasileiro de créditos de carbono. Encontraram que há um pequeno grupo de consultorias que domina o mercado brasileiro na elaboração de projetos; Holanda, Reino Unido, Japão e Suíça são os principais compradores; a atuação do poder público ainda é muito pequena; a principal motivação dos projetos é o retorno financeiro; a principal barreira para a implantação dos projetos ainda é a excessiva burocracia para obtenção dos certificados; não há uma transferência de tecnologia mais limpa para o Brasil. Estes resultados corroboram com as conclusões de Michellis (2008).

Tendo em vista esse cenário, é necessário que novas políticas públicas, a nível federal e municipal, sejam promovidas, visando incentivar o uso e a descentralização dos projetos elaborados. Além disso, é necessário a revisão do mercado de carbono em âmbito internacional, de forma a promover o desenvolvimento sustentável dos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, conforme proposta inicial.

3.5 Formas de cálculos de GEE em projetos de MDL

Uma das etapas mais importantes na elaboração de um projeto de MDL é fazer a quantificação da redução das emissões de carbono e GEE para a atmosfera. Para isso, é necessário fazer o balanço de carbono entre o processo de disposição final sem tratamento (ou atual) e o processo com projeto de MDL. O balanço de carbono consiste em avaliar e quantificar todas as produções de carbono envolvidas, a partir de uma mesma unidade de medição, levantando-se o saldo obtido mudando de um processo para outro. Logo, são necessários métodos para quantificar estas emissões. Para este trabalho, foi avaliado o balanço de carbono entre o processo clássico de disposição final e o processo de reciclagem, especificamente do papelão.

Para o processo clássico de disposição final em aterro sanitário, é necessário quantificar as emissões de GEE a partir da decomposição do material. Alguns autores propuseram métodos de conversão da quantidade de papel e papelão emitida para GEE, variando de métodos simples com fatores de conversão, a métodos mais complexos que levam em conta a estequiometria da reação de conversão do material orgânico em carbono (PEREIRA et al., 2014; TAQUES et al., 2015).

Dentre as técnicas simplificadas, podemos citar os trabalhos de Epstein et al. (2011), que apresenta um fator de emissão de $1,55 \text{ kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$, com base em valores médios obtidos globalmente. Com relação a valores específicos para a realidade brasileira, Carvalho e Lima (2010) fizeram um estudo envolvendo emissões de dióxido de carbono para uso de papel de escritório, adotando um fator de conversão de $0,7 \text{ kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$, proposto por Batista et al. (2010).

Para os métodos mais complexos, que envolve a estequiometria da reação de conversão, podemos citar dois trabalhos desenvolvidos no contexto brasileiro. Pereira et al. (2014) apresenta a equação 1 como a conversão do carbono presente na estrutura em

dióxido de carbono. O percentual de carbono presente na estrutura do material é adotado e varia de acordo com o tipo de material em análise, a massa total de material utilizada é levantada por meio de estudos (em campo ou bibliográfico) e relação de massa molar de CO₂ por massa de carbono de 44/12. Essas especificações resultam na equação 2.



$$Toneladas\ de\ CO_2 = f_c \cdot \%C \cdot \frac{44}{12} \quad (2)$$

Onde:

f_c = Massa total do resíduo;

$\%C$ = Porcentagem de carbono presente na estrutura química do resíduo.

Outro método estequiométrico foi proposto por Taques et al. (2015), que utiliza a estimativa do Carbono Fóssil presente na massa seca do resíduo, multiplicado pelo fator de oxidação (que representa a conversão em CO₂). A partir dessas suposições, resulta-se na equação 3. Esta equação permite estimar a emissão de GEE com base na composição dos resíduos.

$$ECO_2 = TR \cdot \sum_j (FR_j \cdot RS_j \cdot CT_j \cdot CF_j \cdot FO_j) \cdot \frac{44}{12} \quad (3)$$

Onde:

ECO_2 = Emissões de CO₂ no ano (kg.ano⁻¹);

TR = Quantidade total de resíduos úmidos para destinação final no ano (kg);

FR_j = Fração de resíduo úmido j, contido na TR;

RS_j = Fração de resíduo seco j, contido na FR_j ;

CT_j = Teor de carbono total contido no RS_j ;

CF_j = Teor de carbono fóssil contido no CT_j ;

FO = Fator de oxidação (58%).

Os métodos citados previamente permitem calcular a quantidade de GEE emitida pela disposição final clássica do resíduo (em aterro sanitário), em específico, papel e papelão. No entanto, para o cálculo do balanço de carbono é necessário calcular também qual a quantidade de GEE emitidos pelo processo de reciclagem, permitindo ver se há redução da quantidade total.

Uma das metodologias existentes para realizar a quantificação das emissões de GEE e realização de inventários corporativos, é o The Greenhouse Gas Protocol – A

Corporate Accounting and Reporting Standard (O Protocolo de Gases de Efeito Estufa – Um Padrão Corporativo de Contabilização e Reporte), ou geralmente chamada pela sua sigla, GHG Protocol. Este foi lançado em 1998 e revisado em 2004 e hoje é a ferramenta mais utilizada mundialmente pelas empresas e governos para quantificar e gerenciar as suas emissões. Este protocolo foi desenvolvido pelo World Resources Institute (WRI), em associação com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), e contou com apoio de diversos atores de decisão, empresas, organizações e governos. A vantagem desse método é que oferece uma estrutura para contabilização da emissão de GEEs a partir de um caráter modular e flexível. No mais, ela é compatível com as normas ISO e com as metodologias de quantificação apresentadas pelo IPCC. Sua aplicação no Brasil iniciou em 2008, a partir do Programa Brasileiro GHG Protocol, que apresenta cálculos adaptados ao contexto nacional. As informações geradas podem ser aplicadas aos relatórios necessários para as iniciativas de crédito de carbono, Índice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial (ISE) e Global Reporting Initiative (GRI) (FGV e WRI, 2010). Os inventários realizados pelas empresas são públicos e ficam disponíveis no site do GHG Protocol Brasileiro.

Como exemplo de trabalhos avaliando os aspectos quantitativos e econômicos da redução de emissão de GEE por meio da reciclagem, podemos citar o de Godecke et al. (2010). Neste trabalho, foi feito um estudo de caso para o município de Porto Alegre, fazendo uma avaliação dos níveis atuais de reciclagem na cidade e o seu potencial de crescimento (obtido com base nos melhores índices de países selecionados). Dentro desse estudo foram avaliados materiais para reciclagem em geral, como embalagens de alumínio, aço, papéis, plásticos e vidros. Para este estudo, os fatores de conversão adotados foram com base no ciclo de vida do produto. Como resultado, foi obtido que o incremento de reciclagem no município poderia reduzir as emissões em até 155 ktCO₂, sendo a adicionalidade de 86 ktCO₂. Com esta quantidade de redução, foi estimado uma receita anual na ordem de um milhão de reais, por meio da comercialização no mercado de carbono. Esta receita é suficiente para elevar em um quarto a renda dos catadores cooperativados do município. Este trabalho mostra o potencial que existe em utilizar a reciclagem como MDL no Brasil.

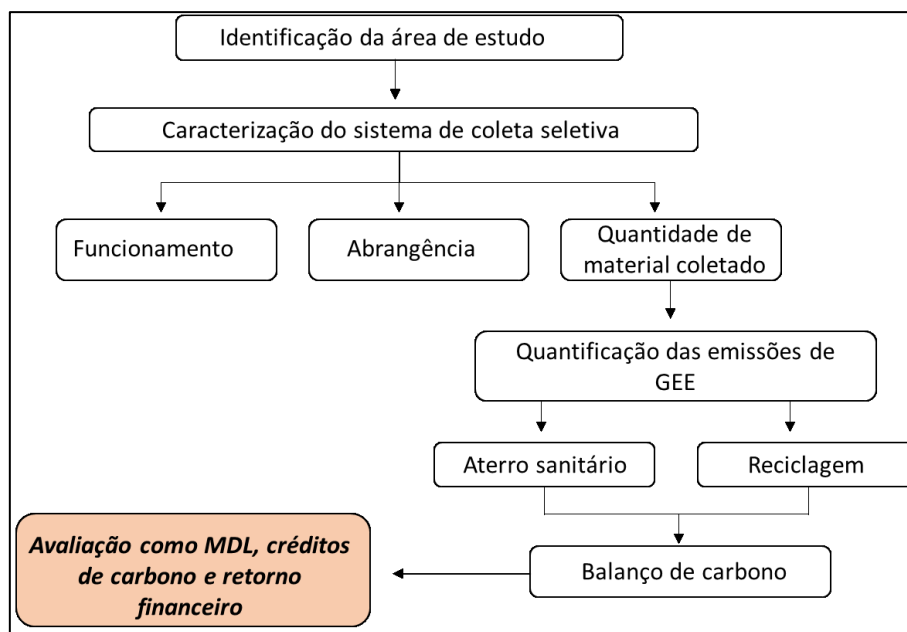
Neste trabalho foi feita uma avaliação comparativa das emissões de GEE por meio do processo de destinação final em aterro sanitário dos resíduos de papelão e sua destinação alternativa por meio do processo de reciclagem. Para isso, os métodos de

quantificação das emissões apresentados nessa seção serão utilizados para o balanço simples do carbono, considerando neste balanço os dois cenários alternativos com e sem coleta seletiva, conforme descrito a seguir.

4 Procedimentos da pesquisa

Os procedimentos da pesquisa se dividiu em cinco etapas principais (Figura 1). Após a identificação da área de estudo, foi feita a: (1) caracterização do sistema de coleta seletiva realizado pela cidade, (2) quantificação do material total coletado mensalmente e anualmente pelas associações de catadores, quantificação da emissão de GEE e conversão para equivalente de carbono por meio de (3) decomposição natural por disposição final em aterro sanitário e (4) reciclagem e, por fim (5) balanço de carbono do sistema e possibilidade de utilização como MDL gerando crédito de carbono. Cada uma das etapas são melhores descritas e apresentadas nas seções abaixo.

Figura 1 – Fluxograma do procedimentos da pesquisa e seu desenvolvimento



Fonte: O autor (2018)

4.1 Área de estudo

Para a verificação da possibilidade de utilizar a reciclagem dentro do escopo de MDL para geração de créditos de carbono, foi utilizado como área de estudo o município de Uberlândia, localizado na região do Triângulo Mineiro, de Minas Gerais (Figura 2). O município conta com uma área total de 4115,2 km² no ano de 2016, com densidade demográfica de 146,7 hab/km² (IBGE, 2017). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) evoluiu de 0,702 em 2000 para 0,789 em 2010 (IBGE, 2017).

Figura 2 – Localização do município de Uberlândia, no Estado de Minas Gerais



Fonte: O autor (2018)

Como particularidade importante para o estudo, o município encontra-se em crescente expansão. A população cresceu de 604.013 em 2010 para 669.672 em 2016 (IBGE, 2017). Quanto a nível econômico, em 2008 a cidade recebeu o entreposto da Zona Franca de Manaus (Agência Minas, 2008), o que também contribuindo para o crescimento econômico. Além disso, é um polo regional de atração por diversas atividades, como comercial, educacional (contando com um grande número de faculdades particulares e uma universidade federal) e industrial.

Com relação ao saneamento urbano, Uberlândia apresenta cobertura de 98% de sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário, sendo classificada como o melhor serviço de saneamento do país, em 2012 (DMAE, 2017). Quanto a coleta de resíduos sólidos, a cidade possui um gerenciamento integrado, com coleta de resíduos sólidos comuns na cidade inteira, adotando também sistema de eco-pontos para disposição de resíduos especiais de maneira voluntária por parte da população. A coleta seletiva foi instituída no ano de 2011, em parceria com associações e cooperativas de catadores. Atualmente abrange 26 bairros, atingindo 44,6% da população total do município (PMU, 2017).

4.2 Identificação da coleta seletiva na cidade de Uberlândia

Para avaliar a coleta seletiva e a reciclagem como um MDL a ser incorporado na cidade de Uberlândia, é necessário fazer uma caracterização do atual sistema de coleta, sua cobertura na cidade e associações envolvidas. Com esta finalidade, foi feito um estudo de caso e levantamento a partir de estágio interno realizado no período de outubro de 2014 a setembro de 2015.

4.3 Quantificação do material para reciclagem

É necessário fazer uma quantificação do total de material coletado pela coleta seletiva e pelas associações de catadores, a serem encaminhadas para as usinas de reciclagem. Esta quantificação é utilizada posteriormente no cálculo de conversão para carbono emitido e balanço final.

Neste trabalho, para fazer a quantificação de material e balanço de carbono, foi adotado um escopo menor de análise. Assim, foi escolhido apenas um tipo de material da coleta seletiva - papelão, de apenas uma das associações de catadores conveniados com a prefeitura - ASSOMAN.

4.4 Quantificação das emissões de GEE por disposição em aterro

Existem diferentes metodologias, propostas por diferentes autores, para o cálculo das emissões de GEE a partir da disposição final de papel e papelão. Cada método apresenta uma equação de cálculo próprio, variando de coeficientes simplificados de transformação, a cálculos com base na estequiometria das reações de decomposição. Estes métodos apresentam o total de gases emitidos no corresponde a dióxido de carbono. Uma apresentação mais detalhada dos métodos foi apresentada na seção 3.5. Como coeficientes simplificados de conversão, serão adotados os valores recomendados por Epstein et al. (2011) ($1,55 \text{ kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$) e Carvalho e Lima (2010) ($0,7 \text{ kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$), representando médias para cenário global e brasileiro, respectivamente.

Quanto aos cálculos envolvendo estequiometria das reações de decomposição, foram utilizados como base o método proposto pelos trabalhos de Pereira et al. (2014) e Taques et al. (2015). Neste trabalho, os cálculos de conversão foram feitos para o pior cenário, ou seja, que todo o carbono presente na estrutura do papelão se converta em CO_2 .

Considerando que o papelão apresenta composição majoritária de celulose, polímero constituído de monômeros de β -D-Glucose, com estrutura química $C_6H_{12}O_6$, a porcentagem de carbono presente na estrutura é de 25%. Também foram utilizados os valores padrão providos pelo IPCC (2006) para papel e papelão, considerando fração seca contido no peso úmido de 90, carbono orgânico degradável contido no material seco de 44, carbono total contido no material seco de 46 e carbono fóssil contido no carbono total de 1.

Neste trabalho, a emissão total de carbono pela deposição final do papelão foi calculada pelos quatro métodos diferentes e depois comparada. Foi feita uma análise de diferença percentual entre os métodos, avaliando quais superestimam e subestimam a emissão de GEE. Por fim, foi adotado o melhor cenário de emissão, ou seja, o cálculo que subestima as emissões totais. Dessa forma, foi obtido o cenário mais pessimista de obtenção de créditos de carbono.

4.5 Quantificação das emissões de GEE pelo processo de reciclagem

Para a quantificação das emissões de GEE pelo processo de reciclagem, foram utilizadas as planilhas de cálculo fornecidas pelo Programa Brasileiro GHG-protocol (FGV e WRI, 2010) (iniciado em 2008). Conforme apresentado na seção 3.5, esse método é compatível com as normas ISO e com as metodologias de quantificação apresentadas pelo IPCC.

Neste protocolo são levantadas as emissões de GEE relativas aos Escopos 1, 2 e 3. O Escopo 1 diz respeito as emissões diretas de GEE, provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização, como, por exemplo, as emissões de combustão em caldeiras, fornos, veículos da empresa ou por ela controlados. As emissões diretas de CO_2 resultantes da combustão de biomassa não deverão ser incluídas no Escopo 1, mas comunicadas separadamente. Só deverão ser incluídos os gases e precursores cobertos pelo Protocolo de Quioto. As emissões deverão ser subdivididas em: combustão estacionária para geração de eletricidade, vapor, calor ou energia com o uso de equipamento; combustão móvel para transportes em geral; emissões e processos físicos e químicos; emissões fugitivas; emissões agrícolas.

Quanto ao Escopo 2, são contabilizadas as emissões de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica, consumida pela empresa. Neste, as emissões ocorrem fisicamente no local onde a energia é produzida, quando a produção ocorre fora do limite organizacional. Contabilizar emissões de Escopo 2 permite avaliar oportunidades e riscos associados à mudança nos custos da energia e das emissões de GEE. Outra razão importante para contabilização dessas emissões é que a informação pode ser obrigatória para alguns programas de gestão de GEE.

Por fim, o Escopo 3 representa outras emissões indiretas de GEE, sendo uma categoria de relato opcional, que permite a consideração de todas as outras emissões indiretas. Estas emissões são consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela mesma.

4.6 Balanço de carbono e créditos de carbono

O balanço de carbono para o processo de reciclagem foi feito com base na equação 4. Se o balanço for positivo, é possível fazer a emissão de créditos de carbono para comercialização. Se o balanço for negativo, se propõe fazer compensação a partir do plantio de mudas de árvores.

$$\text{Balanço de carbono} = GEE_{df} - GEE_r \quad (4)$$

Onde:

GEE_{df} = Emissões de GEE no processo de deposição final ($\text{kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$);

GEE_r = Emissões de GEE no processo de reciclagem ($\text{kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$).

5 Resultados e discussão

A coleta seletiva no município de Uberlândia – MG foi iniciada em janeiro de 2011, primeiramente apenas no bairro Santa Mônica, o maior bairro da cidade, situado na zona Leste Uberlandense. Atualmente a coleta seletiva abrange 29 bairros, totalizando cerca de 285 mil moradores, algo próximo de 50% do município. A expansão da coleta seletiva e reciclagem do material para a totalidade do município pode ser adotada como um MDL e utilizado para a obtenção de créditos de carbono, uma vez que apresenta o critério de adicionalidade, fundamental em um projeto de MDL.

Atualmente, a coleta seletiva é feita de segunda a sexta-feira, num total de 10 caminhões por dia. Em cada caminhão um motorista realiza a rota enquanto dois coletores passam recolhendo o material reciclável. Cada bairro onde se realiza a coleta seletiva tem o dia específico da semana que, na parte da manhã, o caminhão passa para recolher o material, com exceção do centro da cidade que a coleta seletiva é realizada todos os dias a partir das 17 horas.

Em Uberlândia, a divisão do lixo é feita da seguinte forma: lixo seco e lixo úmido. Lixo seco é aquele que pode ser reciclável, ou seja: papel, papelão, plásticos, metais, vidro, isopor entre outros que deverão ser separados e destinados à coleta seletiva. Lixo úmido é aquele que não pode ser reciclável, incluindo materiais orgânicos, tais como restos de comida, e rejeitos em geral: lixo de banheiro, papéis engordurados, restos de construção civil, vidros de espelhos, que devem ser destinados à coleta convencional e encaminhados ao aterro municipal.

A coleta seletiva traz benefícios ambientais para a cidade de Uberlândia, por dar um outro destino aos materiais que seriam depositados no aterro sanitário da cidade. Traz também benefícios sócio econômicos, tendo em vista que aumenta a vida útil do aterro municipal e, com a venda do material, ajuda famílias carentes que vivem da renda advinda do programa (PMU, 2015).

A Prefeitura de Uberlândia mantém um acordo com 5 associações e 1 cooperativa de catadores de materiais recicláveis, disponibilizando galpões para sede das entidades e destinando todo o material coletado na cidade para que seja separado e posteriormente vendido para sustento das famílias dos associados. As Associações que mantém o acordo com a Prefeitura de Uberlândia, até o ano de 2015, são:

- ARCA – Associação de Recicladores de Catadores Autônomos, no bairro Santa Luzia.
- ARBE – Associação de Reciclagem Boa Esperança, no Bairro Daniel Fonseca.
- ACRU – Associação de Catadores e Recicladores de Uberlândia, no Bairro Daniel Fonseca.
- ASSOMAN – Associação de Catadores e Recicladores do Bairro Taiaman, no bairro Daniel Fonseca.
- ACOPPPMAR - Associação de Coletores de Plástico, PET, PVC e outros Materiais Recicláveis, localizada nas dependências do aterro municipal.
- CORU – Cooperativa de Recicladores de Uberlândia, no Jardim Brasília.

Os materiais coletados no dia a dia pelos caminhões são distribuídos entre as associações e a cooperativa. São descarregados nas associações, que fazem o trabalho de separação deste material por produtos semelhantes, prensam o material formando fardos, que posteriormente são comercializados com empresas, gerando renda que garante a manutenção e melhoria da entidade e de onde provém o salário para os trabalhadores que antes coletavam material na rua e agora possuem um emprego digno e com melhores condições de trabalho (PMU, 2015).

Ao final da rota realizada, o material é levado para as associações que possuem parceria com a Prefeitura Municipal. Neste estudo foram abordados os resíduos de papelão coletados pela associação ASSOMAN, entre o ano de 2014 e 2015.

Nos galpões da associação chegam em média dois caminhões de material reciclável por dia, com o peso variável de acordo com a área em que foi efetuada a coleta pelo caminhão. Os materiais recicláveis chegam todos misturados e, após a descarga dos caminhões é feita a triagem, separando por tipo de material, e deixando junto material de mesma espécie que será prensado para futura venda.

Como não existe distinção na destinação final para reciclagem, todo papelão que chega na associação é separado e levado para ser prensado. O papelão, após prensado, forma fardos que estão prontos para serem comercializados. Os fardos são pesados, pois o preço do material comercializado é avaliado por quilo. Cada etapa deste processo é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Etapas do processo de separação da chegada do resíduo até sua comercialização - a) chegada do resíduo pelo caminhão da coleta seletiva; b) resíduos

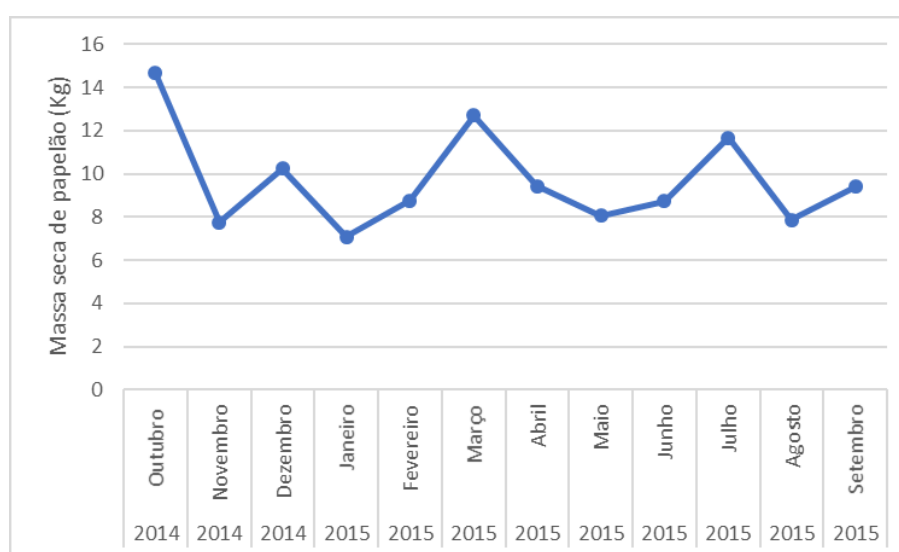
desepejados misturados; c) após a triagem, resíduos separados em sacos por tipo; d) fardos de papelão



Fonte: O autor (2018)

A quantificação da matéria seca de papelão total foi feita em intervalos de tempo mensais, períodos relacionados a sua comercialização para as usinas de reciclagem. Entre o ano de 2014 e 2015 a associação comercializou um total de 116,36 kg de papelão. Os valores mensais e total são melhores apresentados na Figura 4 e Tabela 1.

Figura 4 – Variação temporal entre o ano de 2014 e 2015 da massa seca de papelão coletada pela ASSOMAN



Fonte: O autor (2018)

Tabela 1 – Massa seca de papelão comercializada pela ASSOMAN entre 2014 e 2015

Ano	Mês	Massa seca de papelão (Kg)
2014	Outubro	14,66
2014	Novembro	7,75
2014	Dezembro	10,24
2015	Janeiro	7,07
2015	Fevereiro	8,77
2015	Março	12,72
2015	Abril	9,43
2015	Maiο	8,05
2015	Junho	8,73
2015	Julho	11,69
2015	Agosto	7,86
2015	Setembro	9,40
Total		116,37
Média mensal		9,70
Desvio Padrão		2,27
Variação em massa		7,59
Variação percentual		52%

É possível observar que há uma grande variação mensal na quantidade coletada de papelão, que para este período de 2014 e 2015, foi de 7,59 kg, correspondendo a uma variação de 52% entre o mês de maior e menor coleta (outubro – 14,66 kg e janeiro – 7,07 kg). Na Figura 4 este comportamento de variação temporal pode ser melhor observado, de forma que os picos de coleta ocorreram para os meses de outubro, março e julho. No mais, o valor médio obtido foi de 9,70 kg, com um desvio padrão de 2,27.

Para fazer os cálculos do balanço de carbono do processo de reciclagem, é necessário saber qual a emissão de GEE evitada mudando a disposição final do resíduo e a emissão de GEE que o próprio processo de reciclagem efetua durante o seu processo produtivo. Dessa forma, primeiramente efetuamos os cálculos das emissões de GEE que ocorreriam caso o resíduo tivesse como destinação final o aterro sanitário, ou seja, a emissão evitada mudando a disposição final. Para tal, foram utilizados os métodos de fator de conversão fixos e cálculos estequiométricos, apresentados na seção 4.4. Adicionalmente, como foi feita a quantificação de papelão coletada por apenas uma associação do município de Uberlândia, representando um espaço amostral pequeno e não a população de fato, é necessário apresentar os dados finais de forma unitária. Assim,

os dados são apresentados em $\text{kgCO}_2.\text{ano}^{-1}.\text{kg MassaSeca}^{-1}$. Os resultados obtidos pelos diferentes métodos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo de emissões de GEE por disposição final em aterro sanitário, por diferentes métodos

Autor	Massa Seca Resíduo (kg.ano⁻¹)	f (kgCO₂.kg⁻¹)	Emissões de GEE (kgCO₂.ano⁻¹)	Emissões de GEE/ Massa Seca (kgCO₂.ano⁻¹.kg MassaSeca⁻¹)
<i>Fator de conversão</i>				
Epstein et al. (2011)	116,37	1,55	180,37	1,55
Carvalho e Lima (2010); Batista et al. (2010)	116,37	0,7	81,46	0,70
<i>Estequiométrico</i>				
% C presente na estrutura				
Pereira et al. (2014)	116,37	0,25	106,67	0,92
FR RS CT CF FO				
Taques et al. (2015)	116,37	0,1 0,9 44 1 0,58	980,02	8,42

A partir dos dados obtidos na Tabela 2 é possível observar que os métodos de Epstein et al. (2011) e Pereira et al. (2014) apresentaram valores próximos quanto as emissões de GEE. O método proposto por Taques et al. (2015) superestimou em mais de 1000%, quando comparado ao cenário de menor emissão e 500%, quando comparado ao segundo cenário de maior emissão. O método de Pereira et al. (2014) também é um método com base no cálculo estequiométrico, portanto com maior detalhamento, e apresentou resultado intermediário entre os métodos de fator de conversão. Assim, sugerimos a sua utilização para futuros trabalhos que visam avaliar as emissões de CO₂ pela decomposição do material.

No entanto, neste trabalho o nosso objetivo é avaliar a capacidade de obtenção de crédito de carbono a partir da substituição dos processos de destinação final do papelão. Assim, iremos adotar os resultados obtidos pelo método de Carvalho e Lima (2010) e Batista et al. (2010), pois este gera o cenário com menor emissão de GEE pela disposição final em aterro sanitário e consequentemente, o cenário mais pessimista com relação a balanço de carbono e geração de créditos de carbono.

Posteriormente, para fazer o balanço de carbono do projeto de MDL proposto, é necessário saber a quantidade de GEE emitida pelo processo de reciclagem. Só assim é

possível saber de fato quanto de GEE foi reduzido pela mudança da destinação final do resíduo.

Para tal, foi feito o inventário para a organização Butelão Comércio de papéis, plástico e sucata Ltda, tendo como ano inventariado 2016. Essa empresa é responsável pelo processo de reciclagem de parte do papelão coletado no município de Uberlândia. De acordo com os dados fornecidos pela empresa, a quantidade média de papelão coletada mensalmente é da ordem de 2 mil toneladas.

O cálculo de emissões pelo processo produtivo da reciclagem foi feito com base no GHG protocol, adaptado para o Brasil pelo Ministério do Meio Ambiente, FGV e WRI (FGV e WRI, 2010). Cada uma das atividades da organização escolhida foi listada de acordo com os tipos de emissão nos escopos 1, 2 e 3.

A Tabela 3 apresenta de forma resumida os resultados obtidos pelo preenchimento do protocolo. Nele, são fornecidas as quantidades de GEE emitidas por cada escopo de atividade. Pode-se observar que o principal poluente emitido pela empresa é o próprio CO₂, seguido pelo CH₄ e N₂O, com contribuições bem inferiores e não totalizando 2% das contribuições totais. No entanto, quando convertidos para toneladas de carbono equivalente, feito a partir do potencial efeito estufa e de aquecimento desses gases, pode-se observar que as suas contribuições representam juntas quase metade da emissão equivalente total. Isso demonstra a importância de se quantificar todos os possíveis GEE envolvidos no processo.

No mais, também pode-se notar que as principais contribuições em GEE da empresa são provenientes do escopo 1, ou seja, de emissões diretas do processo produtivo. O escopo 2, que considera as emissões indiretas a partir da aquisição de insumos, como energia elétrica, tiveram uma contribuição bem inferior.

Considerando todos os processos da empresa e todos os GEE emitidos, chegou-se a uma emissão final de 791 toneladas equivalentes de CO₂ por ano. Assim, considerando a quantidade coletada de papelão mensal informada pela empresa, obteve-se uma emissão unitária de 0,33 kgCO₂.ano⁻¹.kg MassaSeca⁻¹.

Tabela 3 - Dados de emissões consolidados para todos os GEE e escopos

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas			Emissões em toneladas métricas de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e)		
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
CO2	467.4	0.3	0.0	467.4	0.3	0.0
CH4	7.0	0.0	0.0	176.2	0.0	0.0
N2O	0.5	0.0	0.0	147.0	0.0	0.0
HFCs	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-125	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-134	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-134a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-143	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-143a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-152a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-161	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-227ea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-236cb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-236ea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-236fa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-245ca	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-245fa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-365mfc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-43-10mee	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFCs	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-116	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-218	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-318	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-3-1-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-4-1-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-5-1-14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-9-1-18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SF6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NF3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total				790.7	0.3	0.0

Por fim, foi realizado o cálculo do balanço de carbono conforme equação 4, utilizando as emissões unitárias para os dois cenários alternativos (com e sem coleta seletiva). Considerando o cenário mais pessimista com relação a obtenção de créditos de carbono (menor emissão por deposição final em aterro sanitário), o balanço resultou em um valor de $0,37 \text{ kgCO}_2.\text{ano}^{-1}.\text{kg MassaSeca}^{-1}$, como podemos ver a seguir:

$$\text{Balanço de carbono} = GEE_{df} - GEE_r$$

Onde:

GEE_{df} = Emissões de GEE no processo de deposição final ($\text{kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$);

GEE_r = Emissões de GEE no processo de reciclagem ($\text{kgCO}_2.\text{kg}^{-1}$).

$$\text{Balanço de Carbono} = 0,7 - 0,33$$

$$\text{Balanço de Carbono} = 0,37 \text{ kgCO}_2.\text{ano}^{-1}.\text{kg MassaSeca}^{-1}.$$

Este resultado mostra um saldo positivo na emissão de GEE a partir da incorporação da coleta seletiva como forma da gestão integrada de resíduos sólidos para o município de Uberlândia. Tendo em vista que a coleta seletiva ainda é uma nova política de gestão adotada pelo município, ela ainda se apresenta como um fator de adicionalidade, um dos critérios para ser considerado um MDL, e consequentemente fazer a comercialização de créditos de carbono.

Assim, esse estudo demonstra uma potencialidade positiva na nova política de gestão dos resíduos sólidos adotada pelo município de Uberlândia, a partir de perspectivas integradas e diversificadas, dentro do contexto de projetos de MDL e mudanças climáticas. Para o cadastramento do projeto dentro do escopo de MDL e para posterior comercialização de créditos de carbono, deverá ser realizado um estudo mais aprofundado, de forma a se inventariar todas as associações e empresas de reciclagem envolvidas no processo. No mais, uma análise econômica considerando os gastos com a coleta seletiva e os ganhos com a comercialização de créditos de carbono também podem ser realizados previamente.

6 Considerações finais

6.1 Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo fazer uma análise preliminar da viabilidade de se adotar a coleta seletiva, como parte da gestão integrada dos resíduos sólidos no município de Uberlândia, dentro dos programas de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), para fins de comercialização de créditos de carbono. Para que a coleta seletiva seja adotada como MDL, é necessário que se tenha o caráter de adicionalidade, isso é, é preciso acrescentar um benefício extra que não havia previamente a implantação do projeto. Como a coleta seletiva está começando a ser implantada de forma progressiva nos últimos anos na cidade de Uberlândia, ela pode ser encaixada dentro do caráter de adicionalidade, sendo elegível para MDL. No entanto, ainda restava saber a viabilidade de sua implantação, em termos de redução de emissão de GEE e a consequente geração de créditos de carbono para comercialização.

Visando essa lacuna ainda existente, foi feito levantamento em campo da quantidade de material recolhido pela coleta seletiva ao longo de um ano de caracterização. Para fins de trabalho acadêmico, estabeleceu-se um recorte dentro dos materiais recicláveis e das associações de coleta, escolhendo-se o estudo e quantificação apenas do papelão coletado pela associação ASSOMAN, para poder desenvolver e avaliar a metodologia aqui proposta. Foi obtido um total de 116,37 kg de papelão recolhidos ao longo do ano, apenas por uma entre as sete associações de catadores, que tem parceria com a Prefeitura Municipal.

A partir desse diagnóstico, foi feita a quantificação do balanço de carbono entre os dois cenários alternativos, sendo eles sem coleta seletiva e destinação final para aterro sanitário e com coleta seletiva e destinação para reciclagem. Para o primeiro cenário, foram empregadas quatro diferentes metodologias de conversão de material seco para CO₂, variando de metodologias mais simples que consideram apenas um fator de conversão fixo e metodologias mais complexas, que envolver cálculo estequiométrico das reações de degradação.

Observamos que o uso do fator de conversão subestima a quantidade de carbono gerada e emitida para a atmosfera, enquanto as metodologias de cálculo estequiométrico podem dar valores mais precisos. No entanto, para que essa última possa ser utilizada sem erros, é necessário ter bem definido os coeficientes das equações químicas, como

composição química do polímero do papelão, fração de carbono na cadeia estrutural, fator de oxidação. Dependendo dos dados disponíveis e dos pressupostos que se deve assumir, elas podem conter um alto grau de incerteza. Assim, recomendamos que sempre sejam utilizadas as metodologias mais pessimistas, de acordo com o objetivo do trabalho, para que as incertezas sejam levadas em consideração. No caso desse estudo, como o objetivo era avaliar a possibilidade de geração de um balanço positivo na emissão de GEE para comercialização de créditos de carbono, adotamos como o cenário pessimista aquele com menor emissão na deposição final como aterro sanitário, pois é o que gera menor balanço positivo.

Para a quantificação das emissões de GEE no segundo cenário (considerando a coleta seletiva), foi empregado o GHG protocol adaptado para o Brasil, feito para uma empresa de reciclagem. A partir da comparação entre os dois cenários, foi possível observar que a coleta seletiva gerou uma redução nas emissões de carbono de $0,37 \text{ kgCO}_2\text{ano}^{-1}\text{kgMassaSeca}^{-1}$, tornando essa nova forma de gestão dos resíduos sólidos elegível para ser aplicada como MDL, gerando créditos de carbono que podem ser comercializados e usados para incentivos no Plano Municipal de Resíduos Sólidos. Cabe ressaltar que esse resultado foi obtido considerando apenas um tipo de material, uma associação e uma empresa de reciclagem. Ou seja, é possível que os resultados sejam ainda mais promissores quando se extrapolando para analisar a população dos resíduos como um todo.

6.2 Recomendações

Como recomendações desse estudo, sugere-se:

- Expandir o estudo para todos os resíduos recicláveis e por mais anos, para observar se a variação temporal também é anual, para além de mensal;
- Expandir para as outras cooperativas, para ter uma caracterização e diagnóstico mais real do que ocorre para o município de Uberlândia;
- Elaborar GHG protocol oficial para as usinas de reciclagem, de modo a poder oficializar o projeto de MDL para o município de Uberlândia e a comercialização de créditos de carbono;
- Elaborar estudo econômico da implantação da coleta seletiva na cidade inteira, da implantação do projeto de MDL e da comercialização de créditos de carbono tendo em vista o mercado atual e os acordos internacionais recentes;

- Incorporar o projeto de MDL de coleta seletiva dentro do Plano Municipal de Resíduos Sólidos do município de Uberlândia, considerando os possíveis ganhos com a comercialização de créditos de carbono para aperfeiçoar as tecnologias e gestão integrada dos resíduos;
- Elaborar medidas para minimização dos riscos passíveis dos MDLs;
- Estudar novas tecnologias para continuar implementando projetos de MDLs na área de gestão de resíduos sólidos na cidade, tendo em vista que a coleta seletiva perderá seu caráter de adicionalidade no futuro.

7 Referências

BARBIERI, J. C. Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21. Vozes, 1997.

BATISTA, E.R.; LIMA, M. A; PESSOA, M.C.P.Y; RAMOS, N. P; CABRAL, O. M. “Relatório de Estimativa de Dióxido de Carbono (CO₂) Equivalente Provenientes da Organização e Realização da 7a. Edição da Ciência Para a Vida, Sugestão Para Sua Neutralização”, Jaguariúna, 2010, SP (relatório interno).

BESSEN, G. R. et al. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: SALDIVA P. et al. Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles. São Paulo: Ex Libris, 2010.

BRASIL. Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima. 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/BRASIL_iNDC_portugues.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2018.

CARVALHO, E. C.; LIMA, M. A. Emissões de CO₂ equivalente provenientes de atividades ligadas a estágio de iniciação científica. 2010. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutopibic/anais/2010/Artigos/RE10403.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

CEMPRE. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. 2010.

CRUZ, S. R. S.; PAULINO, S. R. Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) em Aterros Sanitários na Cidade de São Paulo como Instrumento de Melhoria na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. XXXV Encontro da ANPAD, 2011.

DE OLIVEIRA, L. D. Os "Limites do Crescimento" 40 Anos Depois. Revista Continentes, n. 1, p. 72-96, 2012.
Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Uberlândia tem o melhor saneamento do país, aponta o Trata Brasil. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/print.php?id=5560>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

DIAS, F. de M.; RAMOS, F. S. Interações estratégicas e financiamento de projetos ambientais: alguns efeitos localizados acerca do mecanismo de desenvolvimento limpo. In: III Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Anais... Recife: SBEE, 1999.

EGUREN, L. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. Serie medio ambiente y desarrollo, n. 83. Santiago do Chile: CEPAL, 2004.

EPSTEIN, D.; SKYES, J.; CARRIS, J. Oficina “Pegada de Carbono”. Brasília, 9 e 10 de agosto de 2011.

FELIPETTO, A. V. M.. Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: Conceito, planejamento e oportunidades. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

FGV e WRI. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2ª edição, 2010.

FORUM DE SUSTENTABILIDADE. 45% das cidades do país ainda usam lixão. 2014. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2014/06/1465137-45-das-cidades-do-pais-ainda-usam-lixao.shtml>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

GAMBA, C.; RIBEIRO, W.. A encruzilhada brasileira na ordem ambiental internacional das mudanças climáticas. estudos avançados, v. 27, n. 78, p. 177-194, 2013.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; CHAVES, I. R. Aspectos Quantitativos e Econômicos das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa pela Reciclagem no Brasil e em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

GUTIERREZ, M. B. O Mercado de Carbono e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: a necessidade de um marco regulatório/institucional para o Brasil. In: Regulação e Concorrência no Brasil: Governança, Incentivos e Eficiência. MOTTA, R. S.; SILVA, L. H. S. (Orgs.) Rio de Janeiro: IPEA, p. 271-288. 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Uberlândia. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. 2013-04-28]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, 2006.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos avançados, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JUNIOR, A. C. S.; ANDRADE, J. C. S.; RAMOS, E. J. S; PASINI, K, B.; SPÍNOLA, C. A. Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Motivações, Barreiras e Contribuição para Promoção de Tecnologias Mais Limpas. XXXV Encontro da ANPAD, 2011.

LOPES, I. V. (Coord.). O mecanismo de desenvolvimento limpo-MDL: guia de orientação. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2002.

MACHADO, A. A. Ambiental internacional: A construção social do acidente químico ampliado de Bhopale da convenção 174 da OIT. Rio de Janeiro, vol. 28, no 1, janeiro/junho, pp. 7-51. 2006.

MACIEL, C. V., COELHO, A. R. G., DOS SANTOS, A. M., LAGIOIA, U. C. T., LIBONATI, J. J., & MACÊDO, J. M. A. Crédito de carbono: comercialização e contabilização a partir de projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo. RIC-Revista de Informação Contábil-ISSN: 1982-3967, v. 3, n. 1, p. 89-112, 2009.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. Limites do crescimento: um relatório para o projeto Clube de Roma sobre o dilema da humanidade. In: Limites do crescimento: um relatório para o projeto Clube de Roma sobre o dilema da humanidade. Perspectiva, 1972.

MESQUITA JÚNIOR, J. M. Gestão integrada de resíduos sólidos. Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. III Série. Rio de Janeiro, 2007.

MICHELLIS, C. M. Organizações que se beneficiam de projetos MDL no Brasil: Uma análise sobre o acesso de pequenas e médias organizações aos mercados de carbono. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2008.

MORADILLO, E. F & OKI, M. C. M. Educação ambiental na universidade: construindo possibilidades. Quim. Nova, Vol. 27, No. 2, 332-336, 2004.

MOREIRA, H.; RIBEIRO, W. C. A China na ordem ambiental internacional das mudanças climáticas. Estudos Avançados, v. 30, n. 87, p. 213-234, 2016.

PEREIRA, A. S.; ROVERE, E. L. Desenvolvimento Sustentável e MDL: Critérios de Elegibilidade e Indicadores de Sustentabilidade. In: Comércio e Meio Ambiente: tecnologias ambientais, biodiversidade e biotecnologia, mudança de clima, rotulagem ambiental e certificação. CENTRO INTERNACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Rio de Janeiro: CIDS, p. 154-168. 2003.

PEREIRA, C. P.; PAES, D. P.; PRATA, D. M.; MONTEIRO, L. P. Desenvolvimento de ecoindicador de emissão de CO₂ em uma unidade industrial. Engevista, V. 16, n. 2, p.204-220, 2014.

PORTILHO, F. Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania. Cortez, 2005.
Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU). Coleta Seletiva. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/66/130/coleta_seletiva.html>. Acesso em: 28 mai. 2018.

RIBEIRO, W. C. Geografia política e gestão internacional dos recursos naturais. Estudos Avançados 24 (68), 2010.

SOARES, G. Curso de Direito Internacional Público. São Paulo: Atlas, p. 76, 2002.

TAQUES, R. L. S.; DA SILVA, S. V.; PESSOA, S. G. Emissões de co₂ por resíduos gerados em parque urbano. Connection line, n. 12, 2015.

UNFCCC. Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. In: Addendum. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session. 2015.