

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LIS CAMILA FLIZIKOWSKI

**ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NEUTRALIZAÇÃO COM ESPÉCIES
FLORESTAIS: UM ESTUDO DE CASO**

CURITIBA

2012

LIS CAMILA FLIZIKOWSKI

**ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NEUTRALIZAÇÃO COM ESPÉCIES
FLORESTAIS: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador:
Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Co-orientadora:
Prof^ª. Dra. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA

2012

i

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Flizikowski, Lis Camila

Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies florestais: um estudo de caso / Lis Camila Flizikowski. – 2012
121 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Coorientador: Prof.^a Dr.^a. Ana Paula Dalla Corte

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 27/03/2012.

Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Florestamento. 2. Construção civil – Aspectos ambientais. 3. Gases – Efeito estufa. 4. Teses. I. Sanquetta, Carlos Roberto. II. Corte, Ana Paula Dalla. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.956

CDU – 634.0.232



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER
Defesa nº. 910

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Lis Camila Flizikowski* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NEUTRALIZAÇÃO COM ESPÉCIES FLORESTAIS: UM ESTUDO DE CASO**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **MANEJO FLORESTAL**.

Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO
Primeiro examinador

Dr. Eloy Fassi Casagrande Junior
Centro Federal de educação Tecnológica do Paraná
Segundo examinador

Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 27 de março de 2012.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-coordenador do curso

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu a bênção da vida, que sempre me acompanha e me guia durante a caminhada da vida.

Agradeço a meus pais, João Evaldo Flizikowski e Cleri Flizikowski, que me ensinaram os verdadeiros valores da vida, a minha irmã e amiga Laís Cibele Flizikowski que sempre me apoiou e aconselhou durante todas as dificuldades da vida.

A minha madrinha Janice Terezinha Flizikowski que durante toda a minha vida me apoiou, incentivou e esteve presente em todas as horas que precisei. E a minha avó Maria Terezinha Flizikowski que mesmo não estando presente em vida mandou seus anjos para me iluminar meus pensamentos durante esse trabalho.

Agradeço a Flávia Erika Shibata pela ajuda, colaboração, incentivo e principalmente pela força nos diversos momentos de desânimo e por ter acreditado em mim durante todo esse tempo.

Agradeço a empresa Sustentável, por ter disponibilizado os dados para este trabalho e pelas assessorias sempre que preciso. Meus agradecimentos à CAPES pelo apoio financeiro para a realização do trabalho.

Agradeço, em especial, a Fernando Henrique Lobo, por ter disponibilizado seu trabalho, além de suas contribuições e apoio para o desenvolvimento deste presente estudo.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Roberto Sanquetta, pelas suas orientações e contribuições. E a Dra. Ana Paula Dalla Corte, pela ajuda técnica, orientações e apoio.

Aos meus amigos de graduação Marlon Luis Neves, Aline Escher, Suelen Fujimori, Carolina Fenker, Vivian Stipp, Eloá Pelegrino, Leandro Dias, Rafael Vaeza, Luis Gomes, Raquel Zakaluka, Lucas Pian e Arthur Tiemann Silva, por toda ajuda, dedicação e apoio desde o começo de tudo, a graduação.

Agradeço a meus amigos e colegas de mestrado Danuza Stall, Francelo Mognon, Betina Doubrawa, Andressa Ribeiro, Raquel Leão, Andréia Taborda e

Nayara Ribaski, pela amizade prestada e pelas diversas formas com que também deram sua parcela de contribuição, que, de uma forma de outra contribuíram para este trabalho e pela amizade prestada durante todo o tempo.

Agradeço a minha banca aos Professores Doutores Luciano Farinha Watzlawick, Eloy Casagrande Junior e Nelson Nakajima pelo aceite do convite e pelas contribuições e sugestões atribuídas ao trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas que de uma forma ou de outra contribuíram com o trabalho.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta de quantificação de emissões de gases de efeito estufa (GEEs) para empreendimentos do setor de construção civil, e propor modelos de compensação de emissões por meio de plantios florestais. A metodologia aplicada foi a do *GHG Protocol*, customizada para a construção civil. Visando analisar o comportamento da ferramenta, foram aplicados dados reais de uma obra, disponibilizados por uma empresa. A ferramenta mostrou-se flexível, podendo ser aplicada em qualquer empresa do setor de construção civil, desde que a delimitação dos escopos esteja de acordo com sua realidade. A aplicação na obra mostrou-se eficiente por abranger um grande número de materiais de construção civil contabilizados. Identificou-se, também, que as maiores emissões para a obra aplicada são oriundas dos materiais de construção civil, destacando-se o cimento. Identificaram-se os processos chaves de emissão, principalmente, o processo industrial de fabricação dos materiais de construção civil. A obra resultou em uma emissão total de 119.058,45 tCO_{2e}. Para a compensação dessas emissões de GEEs por meio do sequestro florestal, foi desenvolvido um modelo piloto propondo sete possibilidades de cenários de plantio, variando entre espaçamentos e espécies. Foram utilizadas as espécies florestais *Pinus*, *Eucalyptus* e espécies nativas de Mata Atlântica, com os espaçamentos 2,5 m x 2,5 m, 3 m x 2 m e 3 m x 3 m. Para analisar o comportamento do modelo desenvolvido, foi aplicado nele a emissão encontrada na obra. O modelo de compensação demonstrou que a espécie que demandou a maior área e o maior número de mudas para um mesmo volume de sequestro de GEEs foi o *Eucalyptus*, seguido das espécies nativas e *Pinus*. Dos modelos testados o mínimo de mudas necessárias para compensar a emissão é de 278.070 para o *Pinus* em uma área de 263 ha e um máximo de 1.243.917 mudas de *Eucalyptus* para uma área de 817 ha. O sequestro de carbono por meio de plantio é efetivo durante os primeiros anos de crescimento das árvores. Uma vez que, durante esta fase, os GEEs continuam a ser emitidos, torna-se imprescindível o plantio de novas árvores a cada ano e seu respectivo monitoramento. A partir dos resultados conclui-se que para estabelecer estratégias de combate à mudança do clima deve-se trabalhar em conjunto, partindo do princípio de inventariar as emissões de GEEs, aplicar estratégias de redução nos processos chaves e compensar as emissões por meio do plantio florestal.

Palavras Chaves: Gases de efeito estufa, *GHG Protocol*, compensação de emissões.

ABSTRACT

This work aims at developing a quantifying tool of greenhouse gas emissions (GEE) in the civil construction segment and proposing models to compensate these gases by planting forest species. The methodology applied was the GHG Protocol, which was customized to the civil construction field. The effectiveness of the tool was tested by inserting data of an actual building construction. The tool proved to be flexible to any company in the civil construction segment in cases where the delimitation of the scopes is in agreement with the actual situation of the company. The high efficiency of its application in the construction segment rested positive given the wide range of building materials used. It was also observed that a large amount of gases emitted in the construction originated from its building materials, namely, the cement. It was identified that the key emission processes, mainly the industrial process of building material manufacturing. The study case emitted a total of 119,058.45 tCO_{2e}. To compensate the amount of GEE emissions by the forest sequestration, a pilot model was developed proposing seven different scenarios, varying according to the following species and plant spacing: *Pinus*, *Eucalyptus* and native species from Atlantic Rain Forest, with 2.5 m x 2.5 m, 3 m x 2 m, and 3 m x 3 m. To analyze the behaviour of the model developed, the emissions detected in the study case construction were applied in it. According to the final result, the compensation model showed that the *Eucalyptus* was the specie that demanded the greatest area and number of tree saplings for the GEE sequestration, followed by the native species and the *Pinus*. Within the tested models, in order to compensate the emissions beforementioned, it was necessary a minimum number of 278,070 saplings of *Pinus* using an area of 263 ha, and 1,243,917 saplings of *Eucalyptus* using an area of 817 ha. The sequestration of carbon by the plantation of trees is more effective during their early growing years. Once the GEE gases continue to be emitted, it is highly important that young new trees are planted each year and monitored. From the results, it was concluded that the efforts to combat the climate change shall be simultaneously applied: recording the GEE emissions, applying strategies of reduction in the key processes, and compensating the emissions of gases by forest plantation.

Key - words: Greenhouse gases, GHG Protocol, compensation of GHG emissions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	LIMITES ORGANIZACIONAIS E OPERACIONAIS.....	17
FIGURA 2 -	DETALHAMENTO DOS 3 ESCOPOS DO GHG <i>PROTOCOL</i>	18
FIGURA 3 -	FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA ADOTADA NO TRABALHO.....	29
FIGURA 4 -	ORGANIZAÇÃO DA FERRAMENTA EM ESCOPOS.....	31
FIGURA 5 -	LIMITES ORGANIZACIONAIS E OPERACIONAIS DA EMPRESA SUSTENTÁVEL.....	43
FIGURA 6 -	FLUXOGRAMA DA DIVISÃO DE ESCOPOS PARA A OBRA.....	44
FIGURA 7 -	CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO.....	49
FIGURA 8 -	ORGANIZAÇÃO DAS QUATRO ETAPAS DOS RESULTADOS.....	56
FIGURA 9 -	MODELO DE QUANTIFICAÇÃO PROPOSTO PARA CONSTRUTORAS.	57

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	EMIÇÃO POR MATERIAL PARA OBRA EM ESTUDO (tCO _{2e}).....	68
GRÁFICO 2 -	EMIÇÕES DE GEE DE INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CONSTRUTORAS, ESCOPO 3.....	70
GRÁFICO 3 -	EMIÇÕES TOTAIS DE EMISSÃO POR ESCOPO (tCO _{2e}).....	74
GRÁFICO 4 -	EMIÇÕES POR CATEGORIAS (tCO _{2e}).....	75
GRÁFICO 5 -	RELAÇÃO DE EMISSÃO E FIXAÇÃO DE CARBONO DURANTE O CRESCIMENTO DO PINUS E EUCALYPTUS.....	88
GRÁFICO 6 -	RELAÇÃO DE EMISSÃO E FIXAÇÃO DE CARBONO DURANTE CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS-MATA ATLÂNTICA.....	89
GRÁFICO 7 -	SOMATÓRIA DE EMISSÕES DURANTE O PERÍODO DE COMPENSAÇÃO DE EMISSÃO, CONFORME O CENÁRIO FLORESTAL.....	90

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	EMISSÕES DE GEEs DECORRENTES DE PROCESSOS INDUSTRIAIS (T/CO _{2e}).....	9
QUADRO 2 -	CONSTANTES UTILIZADAS NO CÁLCULO DE RESÍDUOS.....	39
QUADRO 3 -	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DURANTE A OBRA.....	45
QUADRO 4 -	QUANTIDADE DE KWH UTILIZADOS DURANTE A OBRA POR ANO E MÊS..	47
QUADRO 5 -	DEFINIÇÃO DOS MODELOS PROPOSTOS.....	49
QUADRO 6 -	TRABALHOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS COMO BASE DE DADOS PARA O SISPINUS.....	51
QUADRO 7 -	TRABALHOS DE REFERÊNCIAS UTILIZADOS COMO BASE DE DADOS PARA O SISEUCALYPTUS.....	52
QUADRO 8 -	QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS E OS RESPECTIVOS COD (%).....	61
QUADRO 9 -	EMISSÕES PARA O ESCOPO 1 PARA INVENTÁRIOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	62
QUADRO 10 -	EMISSÕES PROVENIENTES PELA AQUISIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM (TCO _{2E}).....	64
QUADRO 11 -	EMISSÕES PROVENIENTES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (TCO _{2E}).....	66
QUADRO 12 -	EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	67
QUADRO 13 -	EMISSÕES DE CO ₂ PARA ALGUNS MATERIAIS.....	69
QUADRO 14 -	MÉDIAS DAS EMISSÕES POR OBRA (TCO _{2E}).....	71
QUADRO 15 -	ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DE GEEs NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	77
QUADRO 16 -	EMISSÕES DE GEEs DE CASAS DE ALVENARIA E DE MADEIRA.....	82
QUADRO 17 -	COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEEs CONFORME A FERRAMENTA...	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	FATORES DE EMISSÃO PARA COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, KG DE CO ₂ /L..	32
TABELA 2-	PORCENTAGEM DE COD PARA DIFERENTES TIPOS DE RESÍDUOS.....	33
TABELA 3 -	FATORES DE EMISSÃO (tCO _{2E} /MWH) DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN).....	34
TABELA 4 -	VALORES ADOTADOS NOS CÁLCULOS DE FATORES DE EMISSÃO DE VOOS DE PASSAGEIROS.....	35
TABELA 5 -	FATORES DE EMISSÃO MÉDIOS PARA PASSAGEIROS, DE 2007, 2008, 2009 e REVISADOS PARA 2010.....	36
TABELA 6 -	QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS DURANTE A OBRA.....	46
TABELA 7 -	DEMAIS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA, REAPROVEITADOS.....	46
TABELA 8 -	DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS NO SISPINUS.....	51
TABELA 9 -	DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS NO SISEUCALYPTUS.....	53
TABELA 10 -	FIXAÇÃO DE CARBONO DE ESPÉCIES NATIVAS EM AREAS DE RESTAURAÇÃO.....	53

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE I – LISTA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL COM AS QUANTIDADES E EMISSÕES DE GEES (tCO _{2e}).....	111
APÊNDICE II – SIMULAÇÕES DE ACORDO COM O SISPINUS, PARA OS ESPAÇAMENTOS 2,5 m x 2,5 m, 3 m x 2 m e 3 m x 3 m, RESPECTIVAMENTE.....	119
APÊNDICE III – IMULAÇÕES DE ACORDO COM O SISEUCALYPTUS, PARA OS ESPAÇAMENTOS 2,5 m x 2,5 m, 3 m x 2 m e 3 m x 3 m, RESPECTIVAMENTE.....	121

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.1.1 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	4
2.2 ACORDOS INTERNACIONAIS.....	5
2.3 CONTRUÇÃO CIVIL.....	6
2.3.1 A construção civil e a mudança do clima.....	8
2.4 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA.....	10
2.4.1 Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas – IPCC.....	12
2.4.2 Protocolo de gases de efeito estufa (GHG).....	13
2.4.2.1 Programa GHG <i>protocol</i> brasileiro	19
2.5 COMPENSAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA.....	20
2.5.1 Compensação de emissões florestais – sequestro de carbono florestal	22
2.5.2 Cenários florestais	23
2.5.3 Técnicas de compensação de emissões.....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1 CUSTOMIZAÇÃO DO GHG <i>PROTOCOL</i> PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	30
3.1.1 Limites e diretrizes do inventário de emissões	30
3.1.2 Identificação dos escopos.....	31

3.1.3 Fatores de emissão	32
3.1.3.1 Fatores de emissão para o consumo de combustíveis fósseis.....	32
3.1.3.2 Fatores de emissão para a geração de resíduos	33
3.1.3.3 Fatores de emissão para o consumo energia.....	34
3.1.3.4 Fatores de emissão para consumo de combustíveis por fontes móveis.....	34
3.1.4 Cálculo de emissões.....	37
3.1.4.1 Cálculo de emissões para o consumo de combustíveis	37
3.1.4.2 Cálculo de emissões para o consumo de energia elétrica.....	37
3.1.4.3 Cálculo de emissão para a geração de resíduos.....	38
3.1.4.4 Cálculo de emissão para o consumo de combustíveis de fontes móveis	40
3.1.4.5 Emissão pelos materiais de construção civil	40
3.1.4.6 Sumarização das emissões	41
3.2 VALIDAÇÃO DA CALCULADORA DE CARBONO	42
3.2.1 Obra em estudo	42
3.2.2 Limites e diretrizes do inventário.....	42
3.2.3 Identificação dos escopos.....	44
3.2.3.1 Escopo 1.....	45
3.2.3.2 Escopo 2.....	46
3.2.3.3 Escopo 3.....	47
3.3 COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES UTILIZANDO PLANTIOS FLORESTAIS.....	48

3.3.1 Simulação de cenários florestais	48
3.3.1.1 Reflorestamento com <i>Pinus</i>	50
3.3.1.2 Reflorestamento com <i>Eucalyptus</i>	52
3.3.1.3 Plantios com espécies nativas da mata atlântica	53
3.4 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE COMPENSAÇÃO	54
3.4.1 Número de árvores	54
3.4.2 Área utilizada pelo plantio	54
3.5 VALIDAÇÃO DO MODELO DE COMPENSAÇÃO PROPOSTO	55
4 RESULTADOS	56
4.1 CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA DO GHG <i>PROTOCOL</i> PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL.....	57
4.2 VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA: INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEEs	60
4.2.1 Escopo 1: emissões diretas	60
4.2.2 Escopo 2: emissões indiretas pela aquisição de energia	63
4.2.3 Escopo 3: emissões indiretas.....	65
4.2.4 Incertezas associadas ao inventário	72
4.2.5 Sumarização das emissões de gases de efeito estufa	73
4.3 ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO E COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEEs NA CONSTRUÇÃO CIVIL	76
4.4 MODELO DE COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEEs UTILIZANDO PLANTIOS FLORESTAIS	83

4.4.1 Cenário de sensibilidade das emissões de GEE X crescimento dos plantios florestais..87

5 CONCLUSÕES93

6 RECOMENDAÇÕES 95

REFERÊNCIAS 96

1 INTRODUÇÃO

Os impactos causados pelas mudanças do clima têm sido uma das principais preocupações de pesquisadores e cientistas acerca do tema. Isto se dá pelo aquecimento global, consequência do excesso de concentração dos chamados gases de efeito estufa, (GEEs), principalmente, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). A principal fonte desses gases tem sido atribuída às atividades antropogênicas.

Um setor que se destaca nesse contexto é o da construção civil. Conforme dados da UNEP (2007), esta área é uma grande geradora de emissões de gases de efeito estufa, respondendo por um terço do total de GEEs.

Com o crescente impacto das mudanças climáticas por todo o mundo, e pesquisas indicando o efeito estufa como principal causa dessas alterações, surgiu a necessidade de se adotar medidas preventivas contra a excessiva emissão de certos gases ao meio ambiente. Países industrializados e em desenvolvimento colocaram na pauta esses impactos em âmbito internacional.

Em busca de alternativas mais sustentáveis acerca do tema, foram desenvolvidas metodologias específicas de quantificação de emissões de GEEs, criando assim os chamados “Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)”. Esses inventários quantificam as emissões de GEEs em todos os processos e/ou atividades desenvolvidas por uma empresa, órgão, município, estado ou país.

Segundo o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas, GVces (2009), a elaboração de inventário de emissões de GEEs é considerada o primeiro passo para que uma instituição ou empresa contribua com a prevenção de mudanças do clima.

A partir desses inventários, a organização poderá estabelecer seus planos e metas de redução e gestão de GEEs, assim como demonstrar engajamento na solução deste problema. O documento também viabiliza identificar os processos e as fontes de emissão, observar estratégias de redução de emissões de GEEs e definir formas de mitigação.

A mitigação das mudanças climáticas, por sua vez, consiste na substituição de atividades por alternativas que tenham por objetivo eliminar ou atenuar a emissão de GEEs numa dada atividade ou empreendimento. Uma vez que essa redução não é um processo executado de forma rápida, buscou-se um meio de compensá-la. Segundo Ramseur (2008), os projetos de compensação de emissões visam reduzir, evitar ou sequestrar carbono, sendo categorizados como: sequestro biológico, energia renovável, eficiência energética e redução de emissões – não CO₂.

O cultivo florestal desempenha um papel significativo na atual problemática do ciclo global de carbono, devido a sua capacidade de fixar quantidades de carbono na vegetação em longo prazo (BROWN e ALECHANDRE, 2000). As árvores exercem um importante papel frente à mudança do clima, funcionando como sumidouros de carbono (SANQUETTA e BALBINOT, 2004).

O sequestro florestal de carbono refere-se ao processo de mitigação biológica das plantas que absorvem o CO₂ da atmosfera e o fixa em forma de matéria lenhosa ou biomassa. Esse processo é aplicado desde a preservação de áreas florestais com risco de serem destruídas até a recuperação de áreas degradadas, como também no estabelecimento de novas plantações florestais até sistemas agro-florestais com espécies nativas ou exóticas (CHANG, 2002a).

O importante papel que o setor da construção civil tem na sociedade e a magnitude das emissões que essa área produz evidenciam a importância do desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo de emissões de GEEs aplicados às empresas do ramo, propondo estratégias de redução de emissões e modelos de compensações de emissões por meio de plantios florestais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo geral desenvolver uma ferramenta de quantificação de emissões de GEEs, utilizando a metodologia do *GHG Protocol* em empreendimentos da construção civil e propor modelos de compensação dessas emissões por meio do plantio de espécies florestais.

1.1.1 Objetivos específicos

Para se atingir o objetivo geral, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Elaborar e aplicar a ferramenta de quantificação de emissões de GEEs para uma obra da construção civil, visando a sua customização para esse setor;
- b) Identificar as principais fontes de emissão de GEEs e propor medidas para redução de emissões de GEEs em uma obra da construção civil;
- c) Elaborar uma ferramenta com a finalidade de dimensionar modelos de compensação das emissões de GEEs para obras de construção civil, utilizando plantios com as espécies florestais *Pinus*, *Eucalyptus* e espécies nativas de Mata Atlântica.
- d) Aplicar o modelo de compensação em uma obra, visando analisar a eficiência do modelo proposto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Nos últimos anos, a mudança do clima tem sido constantemente enfatizada pela mídia, causando preocupação à população e aos cientistas de todo o mundo. Reportagens mostram uma notável alteração climática em todas as estações do ano, ocorrências de enchentes, secas, ondas de calor e de frio em diversas partes do mundo.

Segundo informação extraída do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas de 2001, IPCC (2001), o modelo de clima, método que analisa o sistema climático numa abordagem de processos físicos e dinâmicos, indicou uma perspectiva de maior frequência desses fenômenos extremos entre os anos de 2091 e 2100. Segundo o IPCC (2001), nos próximos 50 anos haverá menos dias de frio com geadas do que dias com incidência de ondas de calor, apresentando, assim, estações com climas mais quentes (IPCC, 2007).

Essas alterações do clima estão relacionadas ao aumento de concentração de gases de efeito estufa, GEEs, responsáveis pela temperatura na Terra. O GEEs é composto principalmente pelos gases dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF_6) (IPCC, 2001).

Os raios solares aquecem a superfície da Terra que, em resposta, reflete raios infravermelhos em todas as direções, sendo estes absorvidos pelo CO_2 e pelas moléculas de vapor de água. Parte desses raios é dirigida para a superfície da Terra, provocando um aumento de temperatura em 43°C , resultando em uma temperatura média de 16°C durante todo o ano. Esse fenômeno é um processo natural de manutenção da temperatura denominado de “Efeito Estufa” (NUTTO *et al.*, 2002).

Foi observado o aumento na temperatura da Terra nos últimos cento e cinquenta anos (MARENGO, 2007), consequência da retenção de calor provida da alta concentração de GEE, em especial do gás carbônico. Mais recentemente, foram

realizados estudos apontando que a maior parte desse gás é processada em atividades antropogênicas.

A expansão dos setores industrial, agrícola e de transporte demandou grande consumo de energia proveniente da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural) e do desmatamento de novas áreas para a ocupação e uso da terra para outras atividades (CENAMO, 2004).

Diante dessa crescente preocupação ambiental, governos e organizações têm trabalhado para a adaptação e mitigação das mudanças do clima, criando políticas públicas com o intuito de regulamentar e proteger o meio ambiente, incluindo a redução de gases que compõem o efeito estufa.

2.2 ACORDOS INTERNACIONAIS

Pesquisas indicando as altas concentrações de GEEs como principal causa dessas alterações climáticas incentivaram a adoção de medidas preventivas de emissão de certos gases ao meio ambiente entre os países industrializados e os em desenvolvimento.

Em 1990, o primeiro relatório sobre a problemática trazida com as mudanças climáticas foi publicado pelo IPCC. No mesmo ano, a Assembleia Geral das Nações Unidas formou o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC) (CONVENÇÃO DO CLIMA, 1995). Em 1992, durante a Cúpula da Terra (Rio 92), foi assinada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC – UNFCCC) (ROCHA, 2002).

A Convenção Quadro tem por objetivo discutir o tema efeito estufa e suas consequências para a humanidade. Como resultado desta reunião e com o intuito de se estabelecer metas de redução de gases componentes do efeito estufa, alguns princípios foram estabelecidos.

O primeiro chama-se princípio da precaução, que declara a necessidade de se adotar medidas preventivas de concentração de GEEs na atmosfera. O segundo

princípio observa que o problema atual foi causado por todos os países signatários (responsabilidade comum). Os países desenvolvidos, como Estados Unidos, Japão, Canadá, Austrália, países participantes da Comunidade Econômica Europeia, entre outros, emitiram, historicamente, mais gases do que aqueles em desenvolvimento, como Brasil, Índia e China, entre outros (CONVENÇÃO DO CLIMA, 1995).

Estes dois princípios incentivaram os países a firmar compromissos para o cumprimento de metas de redução de GEEs. Assim, durante a terceira Conferência das Partes (COP3) realizada em Quioto, Japão, em dezembro de 1997, foi adotado um Protocolo onde os países industrializados se comprometeram a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 5,2 % em relação aos níveis de 1990, entre o período de 2008 e 2012 (IPCC, 2006).

O Protocolo de Quioto foi aberto para assinatura em 16 de março de 1998, entrando em vigor após sua ratificação pela Rússia. O documento dispõe de 28 artigos, os quais descrevem os compromissos que deverão ser cumpridos pelos países participantes (PROTOCOLO DE QUIOTO, 1997).

A finalidade da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima é “a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático” (CONVENÇÃO-QUADRO, 1995). Esse nível deverá ser alcançado dentro de um prazo razoável que permita aos ecossistemas se adaptarem naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável.

Dentre os estudos realizados a fim de se alcançar a sustentabilidade, foi criado o Inventário de emissões de GEEs, uma ferramenta que possibilita a quantificação destes gases seguindo as diretrizes do Protocolo de Quioto, por meio de metodologias específicas.

2.3 CONTRUÇÃO CIVIL

O setor de construção civil encontra-se em grande expansão nos dias de hoje, desempenhando, segundo STACHERA JUNIOR (2006), um papel importante no

crescimento das economias e no desenvolvimento dos países. É considerado, também, um elemento chave na geração de empregos e na articulação de diferentes setores industriais que produzem insumos e equipamentos.

A Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, FIEMG (2008), aponta a importância da cadeia produtiva da indústria de construção para o desenvolvimento econômico, social e ambiental do nosso país com a geração de empregos, renda, impostos, viabilização de moradias e infraestrutura.

Segundo dados estatísticos setoriais sobre a construção civil, até o ano de 2003, o cenário da construção civil nacional vivenciou um período de instabilidade, caracterizado pela falta de incentivo público, pela tímida disponibilidade de recursos e por uma inexpressiva presença de financiamento imobiliário. A partir de 2004, o setor começou a dar sinais de expansão, com o aumento dos investimentos em obras de infraestrutura e em unidades habitacionais. Já em 2010, o desempenho do setor de construção civil acompanhou a tendência nacional com taxa de crescimento de 11,6%, o melhor desempenho nos últimos 24 anos, segundo dados do PIB setorial (DIEESE, 2011).

No entanto, se para a economia é bom, para o meio ambiente nem tanto. É notável que a construção civil no país é uma atividade que demanda recursos naturais e energia. De acordo com FREITAS (2009), a construção civil é reconhecida como grande geradora de impactos ambientais, tanto pelo consumo de recursos naturais, de origem não renovável, como pela geração de diferentes tipos de resíduos, impermeabilização do solo e rebaixamento do lençol freático.

O Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo, SIDUSCON –SP (2005), aponta que, no momento, a construção civil vem sendo reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social. Porém, ainda tem se comportado como uma grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos.

Segundo dados das Nações Unidas, a construção consome 40% de toda energia, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água e ocupa 12% das terras. Infelizmente, a construção também

não fica atrás quando se trata de emissões atmosféricas, respondendo por um terço do total de emissões de gases de efeito estufa (UNEP, 2007).

Neste sentido, de acordo com Lobo, Santos e Tavares (2010), o setor da construção civil, que é responsável por significativos impactos ambientais, busca melhor desempenho e reduções destes danos por meio de demanda social, legal e de produção. Assim, no intuito de desenvolver métodos e ferramentas para tornar as edificações mais eficientes e duráveis, existem diferentes metodologias para mensurar os impactos, tais como licenciamentos e aprovações de caráter legal, pegada ecológica, sistema de certificação ambiental de edificações, análise de ciclo de vida, análise energética e emissão de CO₂ pelas atividades produtivas.

Ainda, conforme trabalho realizado por Tavares (2006), concluiu-se que no setor da Construção Civil, embora carecendo de estudos completos, as projeções apontam uma participação semelhante a média mundial em torno de 45% de todos os recursos energéticos consumidos no país.

2.3.1 A construção civil e a mudança do clima

As emissões de gases de efeito estufa provenientes da construção civil estão associadas, principalmente, aos processos industriais como: uso de energia durante o ciclo de vida do edifício, aos oriundos da extração das matérias-primas dos materiais de construção no processo de fabricação, da construção de edifícios, uso e operação do edifício, disposição final dos resíduos e no transporte de materiais (BESSA, 2010).

Henrique Junior (2010) cita que, dentro desses processos, as principais fontes de emissão de CO₂ nos países desenvolvidos são geralmente derivadas do uso de combustíveis fósseis para fins energéticos, seguidas dos processos industriais de produção de cimento, cal, barrilha, amônia e alumínio e da incineração de lixo.

Josa *et al.* (2004) apontam que a emissão de GEEs na construção civil provém, em grande parte, da indústria cimenteira. Soares (1998) afirma que um dos principais processos responsáveis pela emissão é a calcinação das matérias - primas para gerar o clínquer, composto do cimento, além de o consumo de combustíveis

necessários para a manutenção de altas temperaturas exigidas neste processo. Ainda, segundo Josa *et al.* (2004), a quantidade de CO₂ emitido depende do conteúdo do clínquer no cimento.

Tanto na produção do clínquer durante a calcinação como na de cimento, ferro e aço, grandes quantidades de CO₂ são emitidas durante a queima de combustíveis fósseis necessárias à obtenção das altas temperaturas nesses processos (BUENO, 2009). Lee, Skibniewski e Jang (2009), por outro lado, defendem que as emissões associadas na construção civil estão relacionadas, principalmente, aos combustíveis fósseis utilizados como fontes de energia por veículos e máquinas.

O Inventário Brasileiro de Emissões de Gases de Efeito Estufa, segundo Brasil (2010), apresenta as principais emissões decorrentes da construção civil relacionados a seu processo industrial. Dados publicados em 2010 mostram que as emissões neste setor vêm aumentando, como mostra o QUADRO 1.

PROCESSOS INDUSTRIAIS	1990	1994	2000	2005
	Emissão (t/CO _{2e})			
Produção de cimento	11.062.000	10.086.000	16.047.000	14.349.000
Produção de cal	3.688.000	4.098.000	5.008.000	5.356.000
Produção de ferro-gusa e aço	24.756.000	28.428.000	35.437.000	38.283.000
Produção de alumínio	1.574.000	1.955.000	2.116.000	2.472.000
Outras indústrias	2.502.000	2.446.000	2.950.000	3.093.000

QUADRO 1 – EMISSÕES DE GEEs DECORRENTES DE PROCESSOS INDUSTRIAIS (T/CO_{2e}).
FONTE: Inventário Brasileiro de Gases de Efeito Estufa (2010).

Reconhecendo a intensa emissão proveniente deste setor, faz-se necessário estudar meios de reestruturar processos produtivos da construção civil, abordando tanto a redução das emissões de GEEs como outros fatos geradores de impacto ambiental. Exemplos disso são a produção de resíduos e o consumo de recursos naturais em matérias-primas. Com a reestruturação, caminha-se em direção à sustentabilidade produtiva como um todo, utilizando as diversas vias de mudança de

tratamento ambiental para alcançar, também, a redução de emissão de gases estufa (PNUMA, 2011).

A fim de atender à legislação e de verificar os setores da construção civil que mais contribuem para a mudança do clima, pesquisadores têm estudado o ciclo de vida desses materiais. Tavares (2006) define que a análise do ciclo de vida (ACV) visa identificar e quantificar os impactos, buscando a geração de parâmetros para compará-los entre bens e serviços similares.

A ACV dos materiais é descrita pela ISO 14.040 (2006), que fornece alguns dos fundamentos a serem seguidos: as funções do sistema produto, a unidade funcional, o sistema produtor e fronteiras (limites) a serem estudados, procedimentos de alocação, tipos de impactos e metodologia da análise do impacto e subsequente interpretação a ser utilizada, requerimentos informativos, suposições, limitações, requerimentos qualitativos das informações iniciais, elaboração de revisão crítica quando houver descrever e formatar o relato requerido do estudo.

De acordo com Lobo, Santos e Tavares (2010), o setor da construção civil é responsável por significativos impactos ambientais e pela busca de um melhor desempenho e reduções destes danos, por demanda social, legal e de produção.

Há diferentes metodologias para se mensurar os impactos e tornar as edificações mais eficientes e duráveis, tais como licenciamentos e aprovações de caráter legal, pegada ecológica, sistema de certificação ambiental de edificações, ACV, análise energética e emissão de CO₂ pelas atividades produtivas.

2.4 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

O ponto inicial para se desenvolver estratégias de ações que combatam as mudanças climáticas é quantificar as emissões de gases de efeito estufa, assim como identificar suas principais fontes emissoras. Essa quantificação é realizada por meio de inventário de emissões de gases de efeito estufa utilizando metodologias específicas para essa quantificação.

GVces (2009) considera a elaboração de inventário o primeiro passo para que uma instituição ou empresa possa estabelecer estratégias de combate à mudança do clima. Com o perfil dessas emissões, a organização poderá estabelecer seus planos e metas de redução e gestão de GEEs, além de participar da solução deste problema.

O “Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa” é um levantamento feito em uma empresa, grupo de empresas, setor econômico, cidade, estado ou país para se determinar as fontes de gases de efeito estufa (GEEs) nas atividades produtivas e as respectivas quantidades destes GEEs lançados à atmosfera. Contabilizar o GEEs significa quantificar e organizar dados sobre emissões com base em padrões e protocolos, bem como atribuir essas emissões corretamente a uma unidade de negócio, empresa, país ou outra entidade (GHG Protocolo Brasileiro, 2011).

Os poluentes a serem contemplados em um inventário de emissões atmosféricas estão associados ao estudo que se pretende desenvolver: inventário de emissões de GEEs, o qual deve incluir os principais gases de efeito estufa, ou o Inventário de Ozônio (O₃), o qual deve ser incluído os precursores de ozônio tratados pelo Protocolo de Montreal e assim por diante (ARIAS, 2008).

Brasil, Souza Junior e Carvalho Junior (2008) relatam que é importante, depois de contempladas as emissões de GEEs, que os inventários nacionais e ou corporativos disponibilizem o cálculo e a declaração de incertezas associadas aos processos de medida das emissões de gases. Somente desta forma será possível obter-se uma declaração segura da efetiva redução de emissões, assim como um julgamento de quão apropriadas são as metas voluntárias ou compulsórias de redução da emissão de gases de efeito estufa, e suas conseqüentes valorações pelo mercado.

O resultado da quantidade de emissões de GEEs permitirá identificar oportunidades de redução, gerar relatórios públicos e participar de programas voluntários para diminuir esses gases no mercado de carbono e alcançar reconhecimento pela ação voluntária (GHG *Protocol*, 2003).

Um inventário pode ter dois segmentos: um aplicado a países, estados e municípios e, outro, a empresas corporativas. Os dois seguem a mesma linha, porém,

cada um com especificações independentes. Com o intuito de padronizá-los em função das diferentes escalas de realização, foram desenvolvidas algumas metodologias/diretrizes.

As metodologias disponíveis servem como base para países, estados, empresas criarem seus próprios inventários ou até programa de emissões. Elas podem ser usadas tanto individualmente como aplicadas de forma conjunta, quando necessário. Exemplo dessa flexibilidade é o apontado por Radian (2000), que cita o caso do México, onde o inventário depende do tipo de fonte a ser analisada, sendo: fontes fixas ou pontuais, fontes de área, fontes móveis ou fontes naturais (RADIAN, 2000). O IPCC, por sua vez, trata essas diferentes fontes como setores (IPCC, 2006).

As linhas metodológicas utilizadas internacionalmente são: IPCC (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*), *GHG Protocol Corporate Standard* e as diretrizes de normatização da ISO 14.064.

2.4.1 Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas – IPCC

Em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) foi criado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e PNUMA das Organizações Unidas, cujo objetivo principal era de avaliar as informações científicas técnicas e socioeconômicas da mudança do clima, reconhecido mundialmente como autoridade em questões climáticas (MARQUES e ELLEN, 2004).

O IPCC conta com cientistas do mundo inteiro que contribuem para pesquisas sobre as alterações climáticas no planeta e para a confecção dos relatórios. A revisão é uma parte essencial do processo do IPCC, para se garantir uma avaliação objetiva e completa de informações atuais (IPCC, 2011).

Uma das atividades do IPCC é apoiar a Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (CQNUMC) IPCC (2006). Quando solicitado, o instituto provê assessorias científica, técnica e socioeconômica à Conferência das Partes (COP) da Convenção-Quadro Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas.

Diversos relatórios, artigos e metodologias para inventário de emissões produzidos neste contexto têm se tornado trabalhos de referência amplamente utilizados por pesquisadores (KRUG, 2004).

Pensando no suporte aos países para o desenvolvimento dos inventários de emissões, algumas metodologias/diretrizes foram desenvolvidas, sendo a primeira em 1996, conhecida como: *“Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Inventories – Revised 1996*, a qual contempla 3 volumes, sendo: instruções de relatórios, a pasta de trabalho e manual de referências. A segunda edição foi lançada em 2006 e é conhecida como: *“2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”*. Essa versão é a mais completa e contempla 5 volumes: orientação geral relatórios, energia, processos, industriais e uso do produto (IPCC, 1996; 2006).

Deste modo, as metodologias do IPCC são separadas por setores, cada um apresentado em um volume, com as respectivas bases metodológicas que devem ser seguidas para a geração das estimativas de cada um deles. Em seguida, os setores são desmembrados em subsetores.

Esses documentos fornecem orientação de boas práticas para auxiliar os países na elaboração de inventários de emissões, visando a minimizar as incertezas na geração das estimativas. Apresentam, ainda, diretrizes relacionadas a questões metodológicas e técnicas de cálculo, que vão desde a aplicação de fatores de emissão até a medição direta. Além disso, estimulam o desenvolvimento de inventários com caráter transparente, documentado, consistente ao longo do tempo, completo, comparável, que avaliam as incertezas sujeitas ao controle de qualidade e eficientes no uso dos recursos (IPCC, 2006a).

2.4.2 Protocolo de gases de efeito estufa (GHG)

No início de 1998, diferentes entidades se reuniram com o objetivo de desenvolver normas internacionais de monitoramento e comunicação de emissões de GEEs e de promovê-las globalmente de forma a incentivar a adoção dessas

medidas uniformemente. A parceria de negócios entre diferentes organizações não governamentais (ONGs), governos e outras entidades, reunidos pelo *World Resources Institute* (WRI) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), promoveu a iniciativa de Protocolo de Gases de Efeito Estufa conhecido mundialmente como *Greenhouse Gas Protocol Initiative* (GHG).

Desde então, o GHG tem desenvolvido diferentes relatórios corporativos com diretrizes de quantificação de emissões, dentre eles:

- Em 2004: *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, é uma metodologia padronizada para quantificar e relatar emissões de GEEs aplicadas a empresas corporativas. Também referido como o *padrão corporativo*.
- *GHG Protocol for Project Accounting* (2005), trata-se de um guia para as reduções de GEE quantificação de mitigação projetos.
- *GHG Protocol Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects* (2007), um guia para reduções em emissões por redes de energia elétrica.
- *GHG Protocol for the U.S. Public Sector* (2010) apresenta passo a passo a medição e apresentação do relatório de emissões para organizações do setor público, complementar ao *padrão corporativo*.
- *GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard* (2011), trata-se de uma metodologia padronizada para quantificar as emissões do escopo 3, seu relatório e a cadeia de valor corporativo (Escopo 3).

De acordo com o Protocolo do Efeito Estufa, as Normas Corporativas de Transparência e Contabilização do Protocolo de Gases de Efeito Estufa do *Greenhouse Gas Protocol Initiative* foram criadas dentro de uma perspectiva de negócio para o desenvolvimento de inventários de emissões de GEEs. Elas contêm diretrizes para empresas e para todos os tipos de organização que queiram inventariar as suas emissões de GEEs.

A realização do inventário oferece benefícios às empresas, por exemplo, oportunidades de redução de custos, criação de *benchmark* (processos de investigação), oportunidades para melhorar a competitividade e para participar de mercados de emissões de GEEs, prestar contas aos acionistas e investidores. Além disso, oferece a replicabilidade e impacto em cadeia, chance de traçar e alcançar metas de responsabilidade socioambiental, avaliar passivos e preparar a empresa para políticas futura de emissões de GEEs e garantir oportunidades no mercado internacional.

As normas constantes nesse processo visam a:

(a) Ajudar empresas, instituições e órgãos a preparar seu inventário GEEs que represente um registro justo e verdadeiro das suas emissões, por meio da utilização de princípios e abordagens padronizadas;

(b) Simplificar e reduzir os custos da compilação de um inventário de GEEs;

(c) Fornecer informações necessárias para a construção de uma estratégia eficaz na gestão e redução das emissões de GEEs às áreas de negócios;

(d) Prestar informação necessária de maneira a facilitar a participação em programas voluntários e obrigatórios de GEEs;

(e) Aumentar a conformidade e transparência dos registros e relatórios de GEEs, entre as várias empresas e programas de GEEs.

Para se atingir esses objetivos, o Protocolo de Efeito Estufa segue diretrizes e princípios extremamente importantes a serem considerados por corporações, apresentadas a seguir:

Relevância: Assegurar que o inventário reflita com exatidão as emissões da empresa e que sirva às necessidades de decisão dos utilizadores tanto em âmbito interno como externo à empresa;

Integralidade: Registrar e comunicar todas as fontes e atividades de emissão de GEEs, dentro dos limites do inventário selecionado. Divulgar e justificar quaisquer exclusões específicas;

Consistência: Utilizar metodologias coerentes, que permitam comparações de emissões ao longo do tempo. Documentar claramente quaisquer alterações de dados, limites de inventário, métodos ou quaisquer fatores relevantes nesse período de tempo;

Transparência: Tratar todos os assuntos relevantes de forma coesa e factual, baseada numa auditoria transparente. Revelar quaisquer suposições importantes e fazer referência apropriada às metodologias de cálculo e de registro e ainda às fontes de dados utilizadas;

Exatidão: Assegurar que a quantificação de emissões de GEEs calculada não esteja sistematicamente acima ou abaixo do nível de emissões atuais, tanto quanto se julga, e que as incertezas sejam reduzidas ao mínimo. É preciso determinar uma exatidão que possibilite aos usuários decidirem com segurança razoável quanto à integridade da informação relatada.

De acordo com as normas e diretrizes do Protocolo para a ferramenta de cálculo de emissões, são utilizados documentos de complementação disponíveis como o IPCC e o *website* do Protocolo de Efeito Estufa, *GHG Protocol*, que inclui guias de elaboração.

De acordo com o *GHG Protocol* (2003) para a elaboração de inventários corporativos, cinco passos básicos devem ser seguidos para que os objetivos sejam alcançados:

1. Definição dos limites operacionais e organizacionais do inventário;
2. Coleta de dados das atividades que resultam na emissão de GEEs;
3. Cálculo das emissões;
4. Adoção de estratégias de gestão, como aumento de eficiência, projetos para créditos de carbono, introdução de novas linhas de produtos, mudança de fornecedor, entre outros;
5. Apresentação dos resultados.

Para o desenvolvimento do inventário, o Protocolo ainda define alguns limites para a elaboração do inventário a serem seguidos:

Limites Geográficos: o limite geográfico delimita o território onde as emissões serão levantadas.

Limites organizacionais: a organização pode compreender uma ou mais instalações. Isso inclui operações de propriedade integral, *joint ventures* incorporadas e não incorporadas, subsidiárias e outras. Para efeitos de contabilidade de GEEs, os limites organizacionais são tratados de acordo com as regras estabelecidas, que dependem da estrutura da empresa e do relacionamento com todas as partes

envolvidas. O estabelecimento dos limites organizacionais é importante devido às variações estruturais pelas quais uma organização pode passar. Ao definir os limites organizacionais a serem inventariados, define-se a abordagem para a realização da quantificação de emissões de GEEs.

O limite organizacional é separado em abordagens de controle operacional e de participação societária. O controle operacional é uma organização que responde por 100% das emissões de GEEs das unidades sobre as quais operam, não respondendo por aquelas provenientes de operações nas quais têm apenas participação societária. Esta contabiliza as emissões de GEEs decorrentes de suas operações conforme a respectiva participação no capital injetada em cada caso. A FIGURA 1 mostra os limites organizacionais e operacionais de uma empresa.

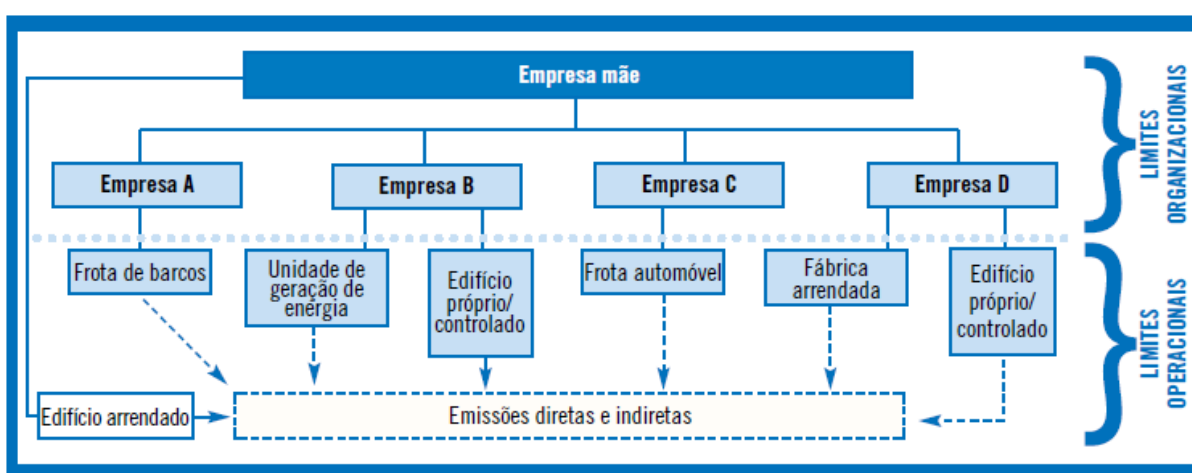


FIGURA 1 - LIMITES ORGANIZACIONAIS E OPERACIONAIS.

FONTE: Programa Brasileiro GHG *Protocol* adaptado GHG *Protocol Corporate Standard* (edição revisada), WRI/WBCSD, 2011.

Limites Operacionais: O limite operacional vem após a determinação dos limites organizacionais. A empresa deverá estabelecer e documentar seus limites operacionais, o que envolve a identificação das emissões associadas às suas operações, classificando-as como emissões diretas ou indiretas e selecionando o escopo para contabilização e elaboração do inventário de emissões, os quais são definidos como escopo 1, escopo 2 e escopo 3.

Para ajudar a delinear as fontes de emissões em direta e indireta, melhorando a transparência a ser útil a diferentes tipos de organizações, foram

definidos três escopos para registros e relatórios de GEEs. Esses escopos definem as fontes de emissão a serem contempladas, categorizadas em diretas e indiretas, seguindo sempre diretrizes de cálculo do *GHG Protocol*. Na FIGURA 2 podem ser observados os três escopos.

Escopo 1: São as emissões diretas de GEEs da própria empresa ou instituição (emissões físicas), incluindo as emissões da queima de combustível, os processos de fabricação e o transporte de propriedade da empresa.

Escopo 2: Emissões de GEEs indiretas líquidas a partir de importações e exportações de energia, como é o caso da eletricidade.

Escopo 3: O escopo 3 contempla todas as outras fontes de emissão que possam ser atribuíveis à ação da empresa. Exemplo disso é a inclusão de viagens de negócios de funcionários e o transporte de produtos em veículos que não pertençam à empresa, a terceirização de atividades centrais e atividades de disposição/gerenciamento de resíduos.

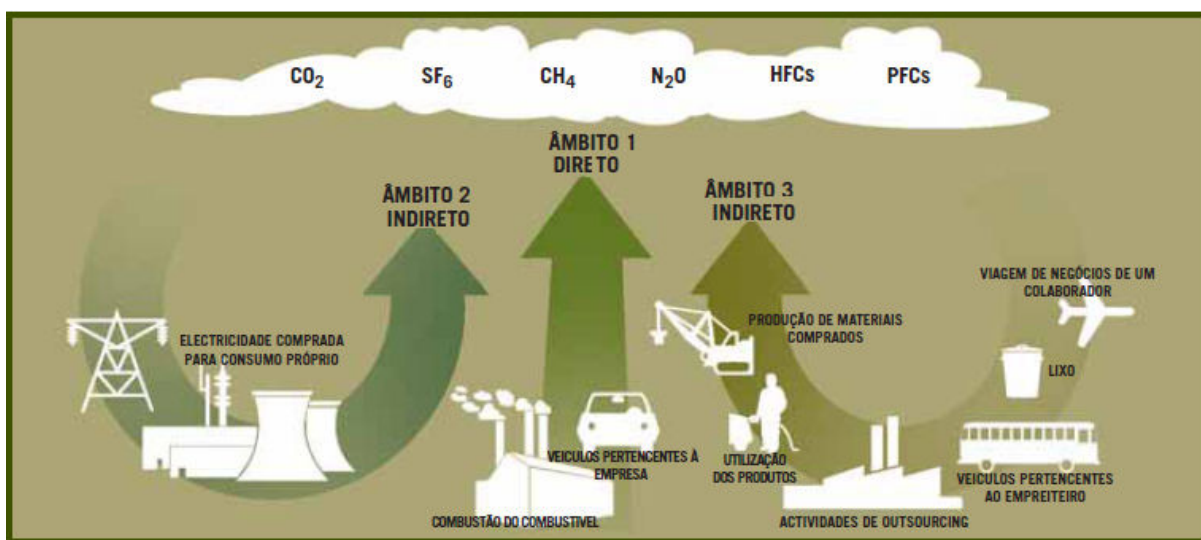


FIGURA 2 - DETALHAMENTO DOS 3 ESCOPOS DO GHG PROTOCOL.
 FONTE: Programa Brasileiro de GHG Protocol adaptado GHG Protocol (2011).

Para estimular e implementar atividades de redução de emissões em um país, é preciso que todos os setores da economia estejam engajados neste mesmo processo. Assim, tanto os países como as instituições públicas e privadas precisam

investir no levantamento e conhecimento destes números e conhecer a origem dessas emissões (*GHG Protocol*, 2003).

2.4.2.1 Programa GHG *protocol* brasileiro

Vista a importância desta metodologia para as empresas, o Protocolo tem procurado parcerias com outras instituições e países, a fim de se tornar um padrão em questões de quantificação de emissões corporativas. O governo brasileiro submeteu ao governo britânico um projeto de instalação deste documento no Brasil. Durante o ano de 2007, foram realizados seminários e *workshops* para apresentar a metodologia às empresas interessadas em elaborar seus inventários de GEEs relacionados aos seus processos produtivos (Programa Brasileiro GHG *Protocol*, 2010).

A implementação do Programa é uma parceria entre o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGV), *World Resources Institute* (WRI), Ministério do Meio Ambiente do Brasil, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD) (Programa Brasileiro GHG *Protocol*, 2009). Em 2008, ocorreu o lançamento oficial do Programa Brasileiro GHG *Protocol*. Desde então, várias empresas têm desenvolvido seus inventários de emissões anualmente, tendo sido realizados até o momento 36 inventários de empresas muito conceituadas no âmbito nacional.

Em 2009, foi disponibilizado o primeiro documento pelo Programa às empresas com alguns benefícios dos quais poderão usufruir: treinamentos, auxílio técnico, acesso às melhores ferramentas e metodologias de GEEs, vantagem competitiva, melhoria nas relações com públicos de interesse (*stakeholders*), registro histórico de dados, condições para participar nos mercados de carbono.

Deste modo, o Programa Brasileiro GHG *Protocol* apoia empresas para realização de seus inventários, incluindo os seguintes aspectos:

- Contabilização, cálculo, elaboração e publicação de relatório de GEE em base voluntária;
- Capacitação de empresas e organizações na temática de inventários e temas correlatos;
- Plataforma web para divulgação pública dos inventários;
- Espaço de intercâmbio de informações entre instituições públicas e privadas e modelos de gestão.

O Programa Brasileiro está diretamente fundamentado na metodologia do Protocolo de gases de efeito estufa (GHG), seguindo todas as diretrizes, princípios e passos a serem seguidos para elaboração de um inventário de emissões de GEEs.

2.5 COMPENSAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

De acordo com o dicionário Houaiss, o termo neutralização é o ato de tornar algo neutro, extinguir, anular, torná-lo inofensivo ou inativo. A palavra compensação, por sua vez, entende-se como equilibrar, suprir falta de algo, contrabalançar-se (HOUAISS, 2008). Em análise aos trabalhos acerca da compensação de gases de efeito estufa que mencionam a palavra neutralização, a finalidade mostrou que, em verdade, os processos adotados compensam as emissões de gases e não as extinguem nem as tornam neutras. Os processos adotados se definem pelo conceito de compensação e não de neutralização. Porém, seguindo as referências bibliográficas e de autores, em passagens e citações serão citados a palavra neutralização.

Netto *et al.* (2008) apontam que a neutralização de carbono pode ser considerada como uma forma de mitigação ambiental em que empresas, instituições e cidadãos têm a possibilidade de compensar suas emissões de CO₂. Para Coelho e Qualharini (2010), o termo “neutralização de gases de efeito estufa” é um processo para compensar os impactos gerados por alguma atividade.

Ramseur (2008), por sua vez, define que compensações de emissões são descritas como uma base em um projeto, porque estão diretamente relacionadas

a atividades específicas, cujo principal objetivo é reduzir, evitar ou sequestrar emissões GEEs. Segundo o autor, essa compensação pode ser devolvida de acordo com quatro categorias:

Sequestro biológico: Acontece por meio de árvores, plantas, solos, que detêm o carbono, removendo-o da atmosfera terrestre. Os projetos envolvem atividades que aumentam o potencial de fixação de carbono ou mantêm os existentes. Esta categoria inclui sequestro biológico de carbono, o qual possui aplicabilidade na agricultura e silvicultura. É, por vezes, referido como o uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (LULUCF).

Energia Renovável: São projetos relacionados à energia podendo envolver o vento, energia solar e a biomassa, conhecidos como energias renováveis. Segundo Ramseur (2008), essas energias geram menos emissões de gases de efeito estufa que os combustíveis fósseis, sendo uma das principais fontes geradoras de emissão. Deste modo, projetos como construção de parques eólicos para gerar eletricidade, adição de painéis solares, adaptação de caldeiras para acomodar os combustíveis de biomassa, instalação de biodigestores na pecuária são projetos viáveis para a categoria “energias renováveis”.

Eficiência Energética: São projetos que buscam um produto mais eficiente da energia ou um sistema que requer menos energia. Em geral, melhorias na eficiência energética requerem um investimento financeiro em um novo produto ou sistema. Exemplos de projetos de energia passíveis de compensar a eficiência incluem: atualização de máquinas ou equipamentos mais eficientes, apoio à construção de edifícios energeticamente mais eficientes, substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes.

Redução de Emissões Não CO₂: Estão relacionados a projetos de múltiplas fontes de CO₂ não GEEs. Essas emissões, muitas vezes, não são controladas por lei ou regulamentação. Essas fontes são principalmente agrícolas, industriais e de resíduos, as quais emitem GEEs como subprodutos durante as operações normais. Esta categoria é ampla, já que envolve diversas atividades industriais. Exemplos de projetos que possuem oportunidades de redução de emissões incluem o seguinte: metano (CH₄) por meio de aterros, agropecuária, minas de carvão, óxido

nitroso (N₂O) por meio de exploração agrícola ou processos industriais específicos, hidrofluorcarbonos (HFCs), emissões de indústrias específicas, hexafluoreto de enxofre (SF₆) de atividades específica industriais, tais como fabricação de semicondutores.

Brandão *et al.* (2008) apontam que, ao lado da redução de gastos com atividades que resultam emissões de GEEs, compensar as emissões representa uma atitude proativa, a qual, agregada aos interesses do poder público, da sociedade e empresas, implica na efetividade dos princípios do desenvolvimento sustentável.

Deste modo, Ramseur (2008) relata que a inclusão de programas de compensações fornece benefícios atrativos como: incentivo para os países não regulamentados para gerar programas de redução de emissões e oportunidades de expansão de emissão de conformidade para entidades regulamentadas.

2.5.1 Compensação de emissões florestais – sequestro de carbono florestal

De acordo com Ramseur (2008), a categoria sequestro de carbono dentro das compensações de emissões está associada, principalmente, a projetos florestais particulares, os quais oferecem maior potencial em termos de volume.

Este conceito, conforme Chang (2002a) foi lançado durante o Acordo de Marraqueche, COP 7, com o objetivo de conter e reverter o acúmulo de CO₂ na atmosfera para reduzir o efeito estufa.

O sequestro florestal de carbono refere-se ao processo de mitigação biológica das plantas que absorvem o CO₂ da atmosfera e os fixam em forma de matéria lenhosa ou biomassa. Esse processo está relacionado com a fixação de carbono (CHANG, 2004). Resende *et al.* (2001) afirmam que este processo em ecossistemas terrestres engloba tanto a captura de carbono da atmosfera como a prevenção de emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas. Conforme o autor existem duas maneiras básicas de se abordar a questão da fixação de carbono em ecossistemas terrestres: protegendo o ecossistema, por meio da contenção de carbono para que esse processo seja mantido ou incrementado, e/ou a manipulação dos ecossistemas

para aumentar a fixação de carbono (plantio direto e/ou reflorestamento de áreas degradadas ou tradicionalmente nuas).

Segundo Sanquetta e Balbinot (2004), essa fixação relaciona-se, normalmente ao potencial de armazenamento nas florestas e outros tipos de vegetações. De acordo com os autores, pode-se considerar as perspectivas de incremento das reservas naturais de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas.

Deste modo, as florestas desempenham papel significativo na atual problemática do ciclo global de carbono devido à sua capacidade de fixar quantidades de carbono na vegetação por longo prazo, trocando o carbono com a atmosfera por meio da fotossíntese e da respiração (BROWN e ALECHANDRE, 2000). Deste modo, Sanquetta e Balbinot (2004) relatam que as árvores exercem um importante papel frente à mudança do clima, funcionando como sumidouros de carbono.

Renner (2004) ainda cita que, para que os mecanismos de sequestro de carbono sejam significativos, é necessário que o carbono fique armazenado por um período longo o suficiente para que sua emissão para a atmosfera diminua, evitando-se o aumento da temperatura no planeta e o conseqüente o aquecimento global. Os processos que realizam o sequestro de carbono tendem a minimizar os impactos do aumento da temperatura global no futuro.

Segundo Chang (2002a), o sequestro de carbono aplica-se desde a preservação de áreas florestais com risco de serem destruídas até a recuperação de florestas degradadas, e ao estabelecimento de novas plantações florestais até sistemas agroflorestais com espécies nativas ou exóticas.

2.5.2 Cenários florestais

Segundo Paixão *et al.* (2006), com um mercado globalizado e cada vez mais competitivo, a possibilidade de agregar valor às florestas plantadas com o emergente mercado de créditos de carbono e de contribuir para redução nas

emissões de CO₂ na atmosfera criam perspectivas otimistas de expansão para o setor florestal brasileiro.

Em se tratando de florestas plantadas, as espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, de modo geral, possuem elevada eficiência fotossintética, representando um grupo de espécies bastante eficiente no sequestro de carbono (TSUKAMOTO FILHO *et al.*, 2006). Wink (2009) relata que da capacidade produtiva sustentável das florestas, 47,2 % são provenientes de florestas plantadas com *Pinus* e *Eucalyptus*.

Boina (2008) defende ainda que, na maioria dos projetos de sequestro de carbono, é dada preferência a estas mesmas espécies por terem grande capacidade de absorção de CO₂ somado ao valor financeiro de suas madeiras.

Renner (2004), estudando a viabilização de projetos florestais de sequestro de carbono utilizando *Pinus*, concluiu que é oportuna a implementação desses tipos de projetos para a captação de recursos, principalmente, quando a comercialização de carbono é realizada em diferentes momentos de desenvolvimento temporal do projeto.

A alternativa é relatada por pesquisa realizada pelos autores Tsukamoto Filho *et al.* (2006), os quais propõem técnica de produção de biomassa e fixação de carbono em sistema agrossilvipastoril com *Eucalyptus*. Foi considerada a possibilidade de este sistema ser utilizado como alternativa de projeto de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), no âmbito do Protocolo de Quioto, envolvendo as atividades de mudança de uso da terra, recuperação de áreas degradadas, substituição de fonte energética, substituição de fonte de carbono, florestamento e reflorestamento. Seu estudo constatou que esse tipo de sistema é viável economicamente em todos os cenários testados e ainda fixou mais carbono que o *Eucalyptus* em monocultivo, sendo, então, uma ótima opção para projetos de MDL no Brasil.

Oliveira *et al.* (2008) analisaram a produção, o carbono e a rentabilidade econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no sul do Brasil. O estudo mostrou que, considerando a estrutura de custos, a produção e as receitas adotadas no trabalho, a venda de créditos de carbono torna o componente florestal ainda mais atrativo economicamente, devido, principalmente, à receita auferida desde o início do projeto.

McKinsey e Company (2009) apontam que o Brasil é atualmente líder mundial em produção de celulose, com alto potencial para se consolidar como líder em produtos madeireiros, reflorestamento com espécies nativas para recomposição das áreas de reserva legal e de áreas de preservação permanente sem fins comerciais. Desta forma, esse reflorestamento, que pode ser feito por meio de uma combinação de atividades florestais comerciais, reflete positivamente nos critérios de avaliação econômica. De acordo com o autor, os créditos podem se constituir em mais uma alternativa econômica de incentivo a novos plantios florestais e, conseqüentemente, em mais uma opção de renda nos estabelecimentos rurais. O estudo apontou ainda que as árvores propiciam retorno econômico para o proprietário com rentabilidade a partir do desbaste aos sete anos de idade da floresta.

Para estes tipos de projetos envolvendo espécies nativas, Cezarini Neto (2002) descreve que é necessário dar total atenção às áreas que antes eram coberturas florestais e que, atualmente, são áreas degradadas como consequência de uma fracassada implantação de atividades agrícolas sustentáveis, plantando florestas econômicas e recuperando os ecossistemas naturais.

Ainda para McKinsey e Company (2009), existem oportunidades no reflorestamento de áreas onde a floresta nativa foi desmatada, as quais podem se transformar em objetivos de exploração comercial, como por exemplo, de madeira e celulose, ou de recomposição de áreas de reservas legais e de reservas permanentes. Neste caso, os custos podem ser financiados pelo mercado de crédito de carbono internacional e poderia até transformar-se em uma atividade econômica rentável.

De acordo com Brandão *et al.* (2008), ações de compensação de emissões utilizando florestas nativas implicarão em parcerias com projetos socioambientais na recuperação de áreas degradadas e de preservação permanente (APPs), incentivo à comercialização de créditos de carbono, plantio de árvores, uso de equipamentos com maior eficiência energética, entre outras possíveis ações compensatórias, em uma perspectiva de mudança nos padrões de consumo e de produção.

Um exemplo que pode ser citado é o projeto de restauração de áreas protegidas desenvolvido pela AES Tietê S.A. O projeto teve como objetivo o reflorestamento das matas ciliares dos reservatórios das hidrelétricas da AES Tietê utilizando espécies nativas, a fim de remover o CO₂ atmosférico e aumentar a biodiversidade, contribuindo assim com a conectividade ecológica.

Como resultado, a sociedade local foi beneficiada com o aumento de postos de trabalho, contribuições para o desenvolvimento das condições de trabalho e a geração líquida de empregos; para a distribuição de renda, para a capacitação e desenvolvimento tecnológico, para a integração regional e a articulação com outros setores. Segundo a AES Tietê, o projeto foi pioneiro em restauração de áreas protegidas e tem potencial de ser replicado em áreas protegidas no Brasil (e no mundo).

Em geral, diante dos benefícios que os cenários florestais contemplam, Brun (2008) aponta que essa produtividade no setor florestal não pode ser centrada apenas no retorno monetário, mas, principalmente no potencial destas na retenção de carbono da atmosfera e acumulação de compostos poluentes e nocivos à qualidade de vida.

2.5.3 Técnicas de compensação de emissões

O plantio de florestas possui relação direta com as mudanças climáticas, sendo utilizado como principal método de compensação de emissões de GEEs. De acordo com Corte (2010), o Brasil possui um bom potencial para projetos florestais por apresentar muitas regiões com vocação florestal (com ótima produtividade silvicultural). Além disso, existem muitas áreas degradadas que podem se prestar bem aos propósitos do Protocolo de Quioto. Todos esses potenciais projetos poderão trazer impactos sociais positivos, além dos benefícios econômicos e ambientais já preconizados.

No intuito de contribuir com o meio ambiente e combater a mudança do clima, empresas têm utilizado técnicas como restauração florestal, recuperação de

áreas degradadas e reflorestamento utilizando espécies exóticas para realizar essas compensações de GEEs atmosféricas.

Pela definição da COP 9, reflorestamento é a conversão induzida diretamente pelo homem de área não florestada para área florestada por meio do plantio de espécies florestais (KRUG, 2004).

Os reflorestamentos no Brasil utilizando espécies exóticas são predominantemente formados pelos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, uma vez que encontraram um ambiente bastante favorável para o seu desenvolvimento (SFB, 2011).

A Lei nº 9.985/2000 define que a restauração é a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”. Brancalion *et al.* (2010) apontam que a restauração ecológica deve restabelecer os processos necessários ao estabelecimento de florestas viáveis, para que estas prestem os serviços almejados, sejam serviços ambientais, de conservação de biodiversidade ou de fornecimento de produtos florestais, salvaguardando, assim, os interesses maiores da sociedade, que paga por esse tipo de investimento na forma de iniciativas públicas e privadas.

A Lei nº 9.985/2000 dispõe que “recuperação é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”, diferindo-se de restauração florestal (BRASIL, 2000). Em 1989, foi lançado o Decreto Federal nº 97.632, que estabelece a necessidade de um plano de recuperação de área degradada a empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais na apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório do Impacto Ambiental – RIMA ao órgão competente. Esta recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (BRASIL, 1989).

Apesar das definições entre recuperação e restauração trabalharem de formas distintas, ambas proporcionam a fixação de carbono florestal. No entanto, essas técnicas não contribuem apenas na questão do meio ambiente. Martins e Dias (2001) citam que, tanto na recuperação de áreas degradadas quanto na

restauração florestal, utilizam-se, principalmente, espécies nativas. Estas proporcionam benefícios como: mecanismos que favorecem a infiltração, como as copas das árvores que produzem um microclima (temperatura amena e umidade do ar e do solo satisfatórios para a vida) para a região; a serapilheira, que possui uma grande capacidade de acumular água e outras substâncias; o sistema radicular, para aeração e percolação da água.

Brancaion *et al.* (2010) defendem que florestas restauradas e recuperadas devem ser vistas como elementos capazes de ampliar a probabilidade de persistência das espécies nativas nas paisagens antrópicas. Desta forma, proporcionam a reintrodução (via mudas ou sementes) de espécies de plantas já extintas local ou regionalmente, oferecendo novas áreas de *habitat* florestal rico em espécies, aumentando a conectividade estrutural e funcional.

Tratando-se de metodologias para o desenvolvimento das técnicas, vários são os modelos disponíveis. Porém, nenhum desses pode ser considerado ideal para todos os casos, em razão do grande número de variáveis ambientais que interferem no comportamento das espécies em um determinado sítio ou modelo (MARTINS, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi baseado em três etapas:

1. Customização da ferramenta do GHG *Protocol* para a construção civil;
2. Validação da ferramenta por meio de aplicação em uma obra: estudo de caso;
3. Elaboração da proposta de compensação das emissões pelos modelos de plantios florestais.

A FIGURA 3 apresenta um fluxograma com as etapas dos procedimentos para melhor compreensão da metodologia utilizada.

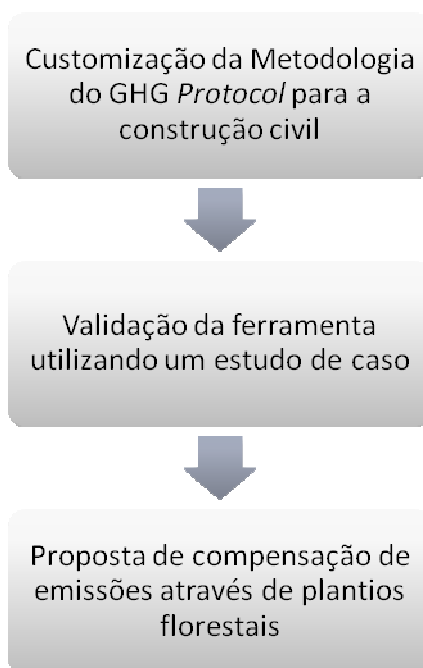


FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA ADOTADA NO TRABALHO.
FONTE: Autora.

3.1 CUSTOMIZAÇÃO DO GHG *PROTOCOL* PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

3.1.1 Limites e diretrizes do inventário de emissões

O GHG *Protocol* provê diretrizes para a concepção de inventários corporativos, trabalhando conforme os limites operacionais e organizacionais anteriormente apresentados. Deste modo, a quantificação das emissões de GEEs dependerá da estrutura da empresa e do relacionamento desta com as partes envolvidas.

O limite organizacional está associado às suas operações na construção civil, divididos em diretos e indiretos. Estes englobam o consumo de materiais de construção utilizados na obra e os combustíveis fósseis usados em seus equipamentos e transportes. Aqueles abrangem o consumo destes mesmos combustíveis dentro da empresa por meio de equipamentos e veículos próprios, aquisição de energia elétrica, geração de resíduos sólidos dentro da empresa.

Para a customização da ferramenta de cálculo, consideraram-se as seguintes fontes de emissão:

- Emissões pelo consumo de combustíveis fósseis por fontes fixas;
- Emissão pelo consumo de combustíveis fósseis por fontes móveis;
- Emissão pela geração de resíduos;
- Emissão pela aquisição de energia elétrica;
- Emissão pela fabricação de materiais de construção civil;

Para melhor compreensão da metodologia, a ferramenta de cálculo desenvolvida será chamada de “Calculadora de Carbono”.

A Calculadora de Carbono foi desenvolvida utilizando uma planilha eletrônica junto à ferramenta do *Visual Basic*, aplicando por base a metodologia do GHG *Protocol*. Cada planilha foi programada utilizando a fórmula e o fator de emissão para a quantificação da emissão, apresentando, no final, a emissão por escopo e sua sumarização.

3.1.2 Identificação dos escopos

Para esta metodologia, conforme as fontes de emissão, os limites operacionais estão associados a atividades e aos processos envolvidos separados em escopos. Deste modo, a construção da ferramenta foi dividida em escopos 1, 2 e 3.

No entanto, por se tratar de uma ferramenta proposta com aplicabilidade em diferentes setores, o modelo foi abordado de acordo com o tipo de fonte de emissão definido pela empresa. Assim, para a customização da ferramenta e transformação na Calculadora de Carbono, adotou-se a seguinte estruturação, pode ser observado na FIGURA 4:

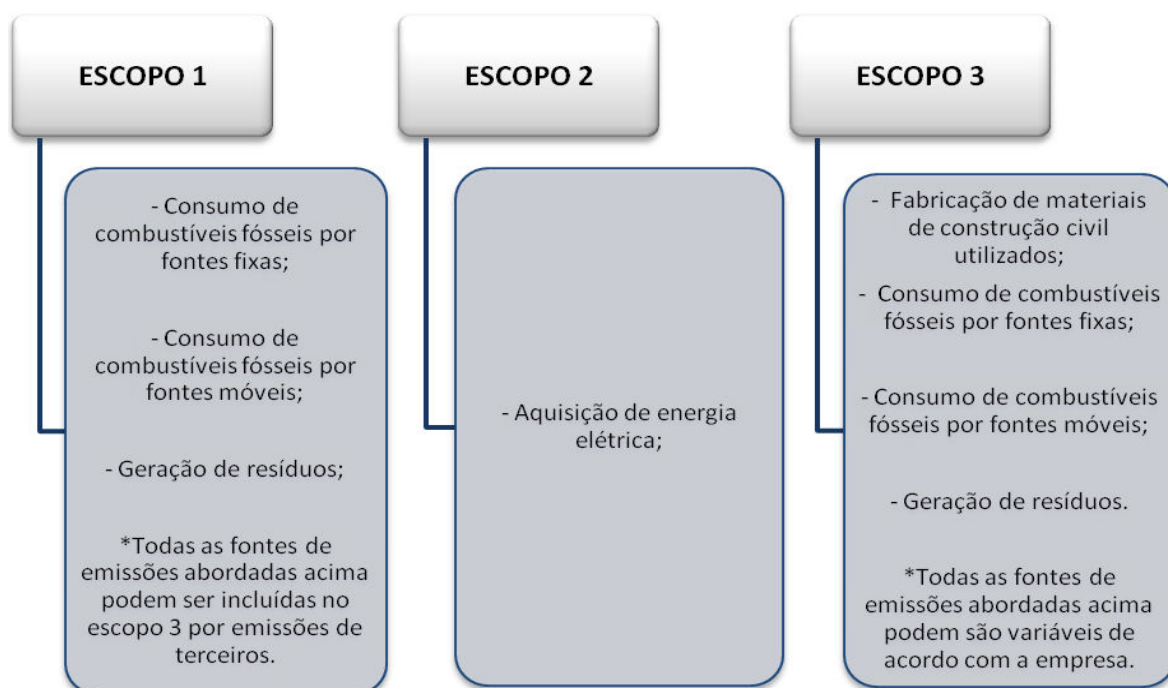


FIGURA 4 - ORGANIZAÇÃO DA FERRAMENTA EM ESCOPOS.
FONTE: GHG Protocol (2003)

3.1.3 Fatores de emissão

Determinadas atividades com potencial poluidor contêm um fator de emissão chamado de *default*. Este, conforme Brasil, Souza Junior e Carvalho Junior (2008), expressa quão intensiva é a atividade em termos de emissão de GEEs, retratando a quantidade desses gases emitida por certa unidade de atividade.

Os fatores de emissões utilizados na ferramenta tiveram como base as atividades avaliadas. Para a determinação dos fatores, foram utilizados os guias de inventários de emissão do IPCC e o Programa Brasileiro de GHG *Protocol*. Esses serviram como complementação para a metodologia, a fim de criar cenários comparativos.

3.1.3.1 Fatores de emissão para o consumo de combustíveis fósseis

Os fatores de emissão utilizados foram os mesmos definidos pelo Programa Brasileiro GHG *Protocol*. Na TABELA 1, estão apresentados os fatores de emissão para os respectivos combustíveis.

TABELA 1 - FATORES DE EMISSÃO PARA COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, KG DE CO₂/L.

Combustível	Fator de Emissão (kg CO₂/unid.)	Unidade
Gasolina	2,327	L
Etanol	1,469	L
Óleo Diesel	2,681	L
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	1,530	L
Gás Natural (GNV)	1,907	m ³
Gás Natural liquefeito	1,178	L
Gasolina de Aviação	2,198	L
Biodiesel	2,499	L

FONTE: US EPA (2008)

3.1.3.2 Fatores de emissão para a geração de resíduos

A escolha do fator fixo de emissão depende, principalmente, da composição dos resíduos gerados. Neste sentido, o principal parâmetro avaliado é o Carbono Orgânico Degradado (COD), contido em cada material, adotados com base na metodologia do IPCC (IPCC, 2006b) (TABELA 2).

TABELA 2- PORCENTAGEM DE COD PARA DIFERENTES TIPOS DE RESÍDUOS.

Resíduo	Carbono orgânico degradável COD (%)
Madeira ou resíduos de madeira	43
Resíduos de jardinagem	2
Resíduos orgânicos	15
Papel e papelão	40
Poeira de tabaco	20
Têxteis (roupas, cortinas, tapetes, entre outros.)	24
Resíduos de demolição e construção	4
Lodo de esgoto	5
Borracha	39
Vidro	0
Plástico	0
Metal	0

FONTE: IPCC (2006b)

Como observado, resíduos destinados à incineração, ou mesmo entulhos e outros similares, possuem baixíssimas ou inexistentes porcentagens de COD e, conseqüentemente, baixa ou nula emissão de GEEs.

3.1.3.3 Fatores de emissão para o consumo energia

Os fatores de emissão para o consumo de energia elétrica foram baseados no Sistema Interligado Nacional (SIN), valores calculados e fornecidos pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI) (BRASIL, 2011). Na TABELA 3, estão descritos os valores utilizados para o cálculo da energia elétrica.

TABELA 3 - FATORES DE EMISSÃO (TCO_{2E}/MWH) DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)

Ano	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)												Fator Médio Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2007	0,0584	0,0668	0,0599	0,0453	0,0459	0,0521	0,0437	0,0425	0,0411	0,0438	0,0334	0,0477	0,0293
2008	0,0584	0,0668	0,0599	0,0453	0,0459	0,0521	0,0437	0,0425	0,0411	0,0438	0,0334	0,0477	0,0484
2009	0,0281	0,0237	0,0247	0,0245	0,0405	0,0369	0,0241	0,0199	0,0162	0,0179	0,0181	0,0194	0,0246
2010	0,0211	0,0280	0,0243	0,0238	0,0341	0,0506	0,0435	0,0774	0,0907	0,0817	0,0869	0,0532	0,0512
2011	0,0262	0,0288	0,0208	0,0198	0,0270	0,0341	0,0308	0,0301	0,0273	0,0350	0,0356	0,0349	0,0292

FONTE: Brasil (2011)

3.1.3.4 Fatores de emissão para consumo de combustíveis por fontes móveis

O Programa Brasileiro de GHG *Protocol* reuniu diferentes pesquisas relacionadas a emissões de viagens de negócios, utilizando o avião como meio de transporte. Os fatores de emissão tiveram como base estudos realizados pelo DEFRA (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*), que os separam entre voos de passageiros e de carga. No referido trabalho, foram consideradas apenas as emissões por voos de passageiros.

Os fatores foram desenvolvidos pelo DEFRA utilizando as principais características, dados e suposições que incluem uma grande variedade de aeronaves para voos domésticos de curta ou longa distância: média de capacidade de assentos,

fatores de carga e as proporções de passageiros por quilômetro, taxas de ocupação média para voos de curta distância e a média para todos os voos internacionais, carga transportada nos serviços de passageiros, e uma elevação de 10% a subestimação correta das emissões pela metodologia CORINAIR comparado ao consumo real de combustível (DEFRA, 2010).

TABELA 4 – VALORES ADOTADOS NOS CÁLCULOS DE FATORES DE EMISSÃO DE VOOS DE PASSAGEIROS.

	Média de Número de assentos	Média do Fator de ocupação (%)	Proporção de passageiros/ km (%)
Voos Domésticos			
Boeing 737-400	142	59	14
Boeing 737-700	154	69	10
Airbus A319/320	158	67	55
BAE Jetsream	29	50	4
BAE 146	102	50	1
Dash 8 Q400	75	63	16
Total	136	64	100
Voos de curta distância			
Boeing 737-400	142	77	12
Boeing 737-800	189	86	14
Airbus A319/A320	158	81	50
Boeing 757	224	86	23
Total	176	82	100
Voos de longa distância			
Boeing 747	339	79	47
Boeing 767	238	82	14
Boeing 777	236	74	19
Airbus A330	311	84	7
Airbus A340	294	73	14
Total	298	78	100

FONTE: Defra (2010).

De acordo com o relatório do DEFRA divulgado em 2010, os fatores de emissões desenvolvidos baseiam-se em combustível para aeronaves típicas em distâncias de viagem, conforme o guia de inventário de emissões atmosféricas da EMEP/CORINAIR de 2006. Essas informações são combinadas com os dados da *Civil Aviation Authority* (CAA), da capacidade média da aeronave de assento, os fatores de carga e anual de passageiros - km e aeronaves km para 2006 (ano mais recente).

No entanto, é sugerida uma elevação entre 10% a 12% para considerar as variações de consumo de combustível subida / cruzeiro / descida. Estes fatores são derivados pela abordagem CORINAIR, o qual é apropriado para garantir coerência com a estimativa das emissões da aviação no Reino Unido, como relatado em consonância com o Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Ainda, deve-se considerar um aumento de 10% por recomendação da CORINAIR, para levar em conta o congestionamento e os deslocamentos necessários nos períodos de tráfego intenso, fator denominado *Great Circle Distances* (GCD) (DEFRA, 2010).

Na TABELA 5 estão apresentados os fatores de emissão que devem ser aplicados nos cálculos de emissões de acordo com o ano e os tipos de voos. Os fatores de correção de 10% e 9% não estão incluídos nos fatores de emissão (DEFRA, 2010).

TABELA 5 - FATORES DE EMISSÃO MÉDIOS PARA PASSAGEIROS, DE 2007, 2008, 2009 E REVISADOS PARA 2010.

Tipos de voo	Fatores em 2007		Fatores em 2008		Fatores em 2009		Fatores Revisados para 2010	
	Fator de Carga (%)	gCO ₂ .por passageiro km ⁻¹	Fator de Carga (%)	gCO ₂ .por passageiro km ⁻¹	Fator de Carga (%)	gCO ₂ .por passageiro km ⁻¹	Fator de Carga (%)	gCO ₂ .por passageiro km ⁻¹
Domésticos	65	158	66,3	175,3	65,2	171	64,5	171,5
Curta Distância	65	130,4	81,2	98,3	80,9	98,3	82,4	97
Longa Distância	79,7	105,6	78,1	110,6	112,2	78,2	78,2	113,2

FONTE: Defra (2010)

3.1.4 Cálculo de emissões

De acordo com *GHG Protocol* (2003), toda emissão de GEEs deve ser calculada de acordo com o fator de emissão da atividade em estudo, cuja intensidade depende da fonte emissora. Uma vez consolidado o levantamento dos fatores de emissões, os cálculos por tipo de emissão são estabelecidos. Os métodos de cálculo das emissões de GEEs variam entre as diversas fórmulas e de acordo com realidade brasileira.

3.1.4.1 Cálculo de emissões para o consumo de combustíveis

A metodologia considera os dados de consumo do combustível de acordo com os fatores de emissão de GEEs liberados por este. O valor das emissões de CO₂ para os combustíveis será obtido pela multiplicação dos quilômetros rodados e o respectivo fator de emissão. Para este cálculo, foi utilizada a equação 1 descrita pela metodologia.

$$\text{Emissões} = \text{km} * \text{FE}_a \quad (1)$$

Em que:

Emissões = emissão de CO_{2e} (t);

FE = fator de emissão de CO₂ em kg km⁻¹; a = tipo de combustível.

km = Distância percorrida pela fonte móvel.

3.1.4.2 Cálculo de emissões para o consumo de energia elétrica

A equação 2 calcula as emissões da energia elétrica consumida:

$$\text{Emissões tCO}_{2e} = \text{EE} * \text{FE} \quad (2)$$

Em que:

Emissões = emissão de CO_{2e} (t)

FE = fator de emissão de emissão nacional (t CO₂/MWh)

EE = energia elétrica (MWh)

3.1.4.3 Cálculo de emissão para a geração de resíduos

Os resíduos sólidos urbanos são encaminhados aos aterros, lixões ou para incineração, onde o processo de decomposição da matéria orgânica gera o gás de efeito estufa metano (CH₄). Para o cálculo deste gás, adotou-se a metodologia descrita pelo IPCC (2006b), uma vez que o GHG não descreve uma fórmula específica para este tipo de quantificação.

O método de quantificação é composto por variáveis fundamentais para o cálculo, cujo principal parâmetro avaliado é o Carbono Orgânico Degradável (COD), contido em cada material. Este COD será potencialmente transformado em metano, caso a forma de disposição do resíduo favoreça a atividade microbológica anaeróbia. Ou seja, resíduos destinados à incineração ou reciclagem não emitem metano. As Equações 3 e 4 mostram como calcular a quantidade de metano gerada para os resíduos.

$$\text{Lo} = \text{COD} * \text{f} * 16/12 \quad (3)$$

Em que:

Lo = potencial de geração de metano (t)

COD = Carbono Orgânico Degradado (t C/resíduo)

f = fator de concentração de metano no biogás gerado

16/12 = razão de conversão de carbono (C) a metano (CH₄).

$$\text{CH}_4 = (\text{Lo} * (1 - \text{ox}) * m) \quad (4)$$

Em que:

CH_4 = emissões de metano (t)

Lo = potencial de geração de metano (t)

m = massa de resíduo (t)

ox = fator de oxidação

Para o desenvolvimento do cálculo de emissões para a geração de resíduos, foram utilizadas constantes sugeridas pelo IPCC (2006b), conforme o QUADRO 2.

CONSTANTES	
F	0,5
OX	0
DOCf	0,5
MCF - Aterro	
Não controlado fundo	0,8
Não controlado raso	0,4
Controlado	1
Semi controlado anaeróbio	0,5

QUADRO 2 - CONSTANTES UTILIZADAS NO CÁLCULO DE RESÍDUOS.
FONTE: IPCC (2006e).

Em que:

Fração de metano no aterro (f): Refere-se ao fator de correção de metano no aterro que o IPCC (2006b) define como 50 %, ou seja, igual a 0,5.

Fator de Oxidação (OX): O fator de oxidação reflete a quantidade de metano que é oxidada no solo, ou em outro material presente no aterro. Por inexistir um valor internacionalmente aceito, aplica-se a recomendação do IPCC (2006b), no caso, $\text{OX} = 0$.

Fração de DOC que decompõe (DOCf): O valor de DOCf foi utilizado conforme sugerido pelo IPCC: sendo este 0,5.

3.1.4.4 Cálculo de emissão para o consumo de combustíveis de fontes móveis

As emissões pelo transporte aéreo ocorrem pela queima de combustível em aeronaves. A metodologia utilizada pelo Programa Brasileiro GHG *Protocol* é descrita pela equação 5, sendo.

$$E = (D \times FE) / 1000 \quad (5)$$

Em que:

E = emissões de CO_{2e} (t)

D = distância (km)

FE = fator de emissão (kg GEE/passageiro/km)

1000 = conversão de kg para tonelada.

Conforme a recomendação de DEFRA (2010), as distâncias percorridas devem sofrer um acréscimo de 9 % sobre a quilometragem calculada em referência aos desvios de percurso que um avião tende a fazer em uma rota aérea não linear, o qual não está contemplado nos fatores de emissão. Para a ferramenta de calculadora de emissões, o fator 9 % foi incluído nos cálculos.

3.1.4.5 Emissão pelos materiais de construção civil

Para esta contabilização, o trabalho de Lobo (2010) foi adotado como base para a quantificação de emissões. O autor fundamentou seu trabalho por meio de uma análise energética considerando as principais fases e os requisitos gerais de energia mais significativos. O limite de análise energética adotado foi o 2º nível da IFIAS - que engloba cerca de 90% do consumo energético incluindo a extração de matérias-primas, fabricação, transporte, e perdas na geração e transformação de energia - e o ciclo de vida da edificação foi avaliada até a fase de conclusão da obra.

A delimitação de serviços analisados se deve à ferramenta proposta por Lobo (2010), que também determinou a planilha de referência e modelo a ser aplicado, através do quantitativo de sua obra.

A pesquisa demonstra a aplicação de um método desenvolvido para levantar o inventário de Energia Embutida e de emissões de CO_{2e} de uma edificação até a fase de conclusão da obra, incluindo extração de matéria-prima e transporte de materiais. Denomina-se Energia Operacional o conjunto total de requisitos energéticos utilizados durante o uso da edificação, incluindo sua reforma e manutenção. Tais demandas energéticas ainda consideram o transporte e também são chamadas de Energia Embutida de Manutenção ou Energia Recorrente (TAVARES, 2006).

Foi utilizado o CO_{2e} embutido calculado com base na discriminação dos consumos energéticos sem fontes primárias e com os respectivos fatores de geração de CO_{2e} obtidos na literatura e em dados institucionais. Além da geração de energia, são consideradas também as reações específicas dos processos de fabricação dos materiais de construção que promovam liberação de CO_{2e}.

3.1.4.6 Sumarização das emissões

A somatória das emissões foi desenvolvida separadamente por meio da delimitação de escopos. A equação 6 apresenta o cálculo.

$$\text{Emissão total (tCO}_{2e}\text{)} = \text{Escopo 1} + \text{Escopo 2} + \text{Escopo 3} \quad (6)$$

Em que:

Escopo 1 = Fontes de emissão delimitadas pelo escopo 1 (tCO_{2e}).

Escopo 2 = Fontes de emissão delimitadas pelo escopo 2 (tCO_{2e}).

Escopo 3 = Fontes de emissão delimitadas pelo escopo 3 (tCO_{2e}).

Deste modo, após o cálculo o usuário deverá selecionar as emissões de acordo com cada escopo.

3.2 VALIDAÇÃO DA CALCULADORA DE CARBONO

Esta etapa descreve a aplicação da Calculadora de Carbono desenvolvida, a fim de analisar sua eficiência e quantificar o CO_{2e} (dióxido de carbono) em toneladas emitidas no meio ambiente durante a obra. Deve-se ressaltar que o objeto de estudo é a emissão de uma obra, sendo dados disponibilizados por empresa do setor de construção civil, não sendo assim a emissão da empresa.

Deste modo, foi realizada pesquisa de natureza aplicada sendo uma abordagem quanti-qualitativa com objetivo exploratório e na forma de um estudo de caso.

3.2.1 Obra em estudo

A obra utilizada para a aplicação da “Calculadora de Carbono” foi para a ampliação de um *shopping* localizado no município de Curitiba - Paraná, cujos dados foram disponibilizados pela empresa de construção civil Sustentábil. A ampliação de 60.457,92 m² foi realizada basicamente no espaço do estacionamento. Os projetos de construção do prédio foram disponibilizados pela empresa para efetuação dos cálculos, no entanto a mesma não achou adequado apresentá-los nesta dissertação.

3.2.2 Limites e diretrizes do inventário

Seguindo os limites e diretrizes do GHG *Protocol*, para a aplicação da calculadora foram delimitadas as seguintes fontes de emissão, FIGURA 5.

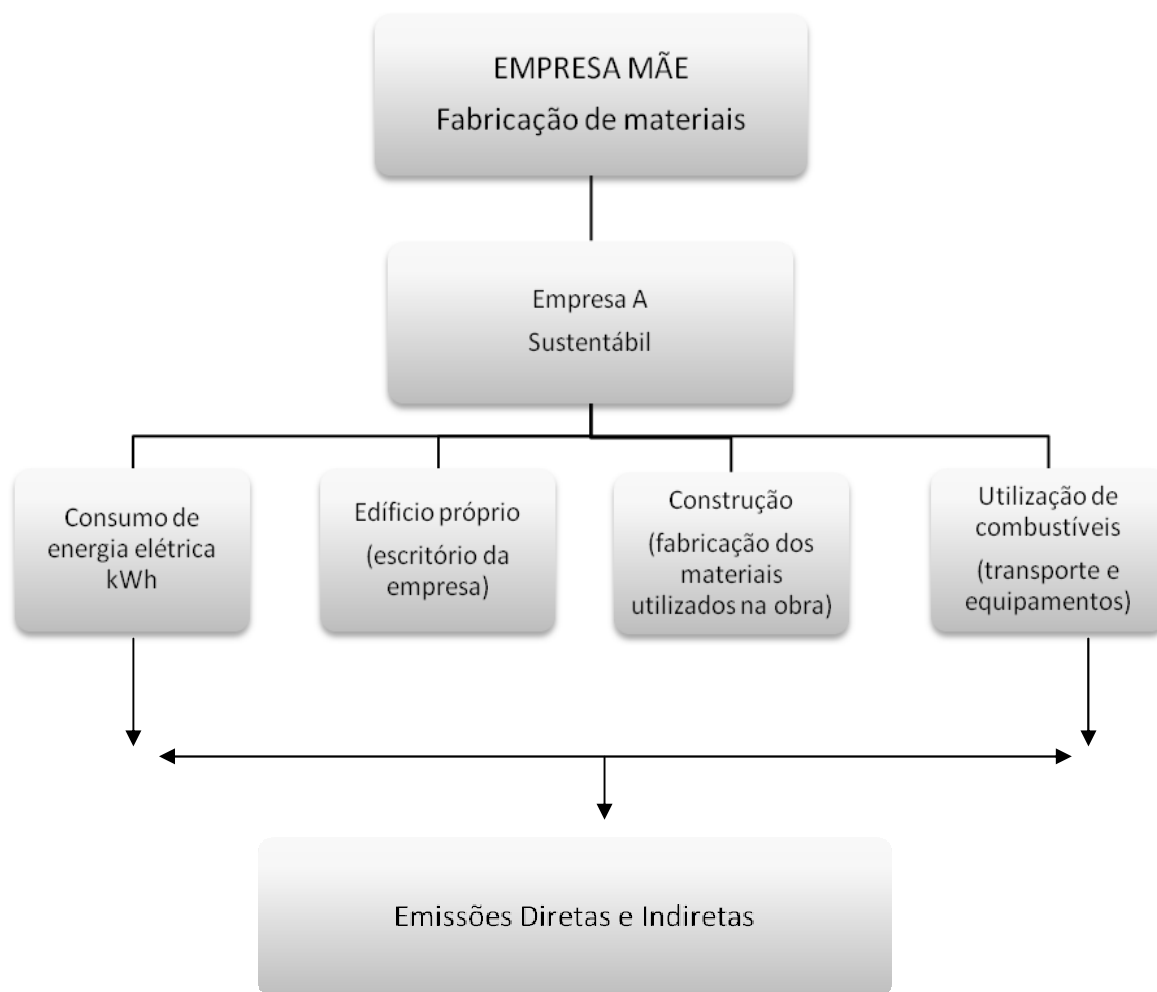


FIGURA 5 - LIMITES ORGANIZACIONAIS E OPERACIONAIS DA EMPRESA SUSTENTÁVEL
 FONTE: Autora.

O Protocolo estabelece que a escolha do ano-base seja feita com dados que melhor apresentem a realidade da empresa sobre uma dada atividade. Desta maneira, o ano-base do presente estudo é o de 2010, apesar de a obra ter sido realizada no período entre janeiro de 2010 e abril de 2011. No entanto, deve-se considerar que o inventário é de uma obra, com a possibilidade de o ano-base ser variável quando, para seu término, o período de construção for acima de 12 meses.

A metodologia descreve que emissões de gases advindos do tratamento de água e esgoto podem ser contabilizados no inventário. No entanto, uma vez que a empresa em estudo não disponibilizava de tais dados, não foi possível calcular a quantidade emitida.

Ressalta-se que, apesar da Calculadora de Carbono desenvolvida neste estudo apresentar diferentes setores de cálculos, para a presente validação não foram utilizados todos os setores, como o de viagens de avião, uma vez que a empresa não realizou nenhuma viagem de negócios utilizando como transporte o avião.

3.2.3 Identificação dos escopos

De acordo com os limites operacionais da empresa, foram considerados os três escopos estabelecidos pela metodologia. As divisões destes escopos e a descrição específica da contemplação de cada um deles estão apresentadas na FIGURA 6.



FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DA DIVISÃO DE ESCOPOS PARA A OBRA.
FONTE: Autora.

3.2.3.1 Escopo 1

Aqui foram incluídas as emissões da queima de combustível pelos equipamentos utilizados na obra e os resíduos sólidos gerados dentro empresa.

A. Consumo de combustíveis fósseis

Durante a obra, foram utilizados somente equipamentos para o desenvolvimento da construção, todos movidos a diesel. No QUADRO 3, estão apresentados os consumos de combustíveis fósseis de cada equipamento utilizado.

EQUIPAMENTO	COMBUSTÍVEL	CONSUMO (L)
Guindaste	Diesel	8.580,00
Perfuratriz Engefe	Diesel	8.460,00
Escavadeira hidráulica	Diesel	3.140,00
Retro escavadeira	Diesel	12.835,00
Pá carregadeira	Diesel	4.018,00
Rolo compressor	Diesel	1.280,00
Mini pá carregadeira	Diesel	4.425,00
TOTAL		42.738,00

QUADRO 3 - CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DURANTE A OBRA.
FONTE: Sustentável (2011).

B. Resíduos gerados

Por se tratar de uma obra de construção civil, os resíduos gerados foram, em sua maioria, material de escritório e resíduos de construção civil. A TABELA 6 apresenta os tipos de resíduos e suas respectivas quantidades.

TABELA 6 - QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS DURANTE A OBRA.

RESÍDUOS	QUANTIDADE (kg)
Madeiras	355,000
Papéis e papelões	47.932,00
Caliça (demolição)	610,000
Metais	61.780,00

FONTE: Sustentável (2011)

Além dos resíduos descritos, outros foram gerados dos materiais da obra reaproveitados, conforme TABELA 7.

TABELA 7 - DEMAIS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA, REAPROVEITADOS.

RESÍDUOS	QUANTIDADE (m³)
Saibro	1.968,00
Camada asfáltica	384,00
Solo / Argila	1.452,00

FONTE: Sustentável (2011)

3.2.3.2 Escopo 2

Para o escopo 2, foram considerados todos os kWh utilizados durante a obra, originários de iluminação para os escritórios, de salas utilizadas pela empresa e do consumo de energia pelos equipamentos.

O consumo em kWh pelo *shopping* foi coletado antes do início da obra, para que se obtivesse uma estimativa durante toda a construção. No QUADRO 4 estão apresentados o consumo de energia elétrica em kWh, durante a obra.

Ano	Mês	Quantidade (kWh)
2010	Janeiro	671,494
	Fevereiro	593,102
	Março	636,983
	Abril	614,056
	Maiο	552,675
	Junho	500,401
	Julho	586,628
	Agosto	521,497
	Setembro	578,567
	Outubro	482,259
	Novembro	642,786
	Dezembro	752,252
2011	Janeiro	724,967
	Fevereiro	673,454
	Março	726,968
	Abril	754,600

QUADRO 4 - QUANTIDADE DE KWH UTILIZADOS DURANTE A OBRA POR ANO E MÊS.
 FONTE: Sustentável (2011)

3.2.3.3 Escopo 3

O escopo 3 consiste em todas as outras fontes de emissão indiretas que possam ser atribuídas à ação da empresa, sendo, neste estudo, quantificadas pela ferramenta de Lobo (2010), as quais são consideradas as emissões provenientes da fabricação de todos os materiais de construção utilizados durante a obra, apresentados no Apêndice I.

A obra em estudo trata-se de uma ampliação de um edifício existente com grande parte da estrutura construída, demandando menos material do que no caso da construção de um novo edifício.

3.3 COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES UTILIZANDO PLANTIOS FLORESTAIS

Como proposta de compensação para as emissões de gases de efeito estufa, foi utilizado o sequestro de carbono florestal por meio de plantio de florestas. Para o modelo de compensação desenvolvido nesta etapa, foram utilizados três tipos de florestas, sendo plantios de *Eucalyptus*, de *Pinus* e plantios de restauração / recuperação com espécies nativas da Mata Atlântica. O modelo proposto trata-se de um projeto piloto que pretende analisar a compensação de emissões de GEEs por plantios florestais.

A metodologia para o desenvolvimento da ferramenta de compensação dividida em três etapas, sendo:

1. Simulação de cenários florestais – base de dados;
2. Construção da ferramenta de compensação;
3. Validação do modelo de compensação proposto.

3.3.1 Simulação de cenários florestais

Os cenários de plantio foram definidos visando aumentar a facilidade para empresa e a uma maior diversidade de possíveis alternativas de plantio. A FIGURA 7 apresenta os diferentes cenários simulados.

Foram adotados os regimes de manejo mais usuais para o estudo, conforme a literatura consultada.

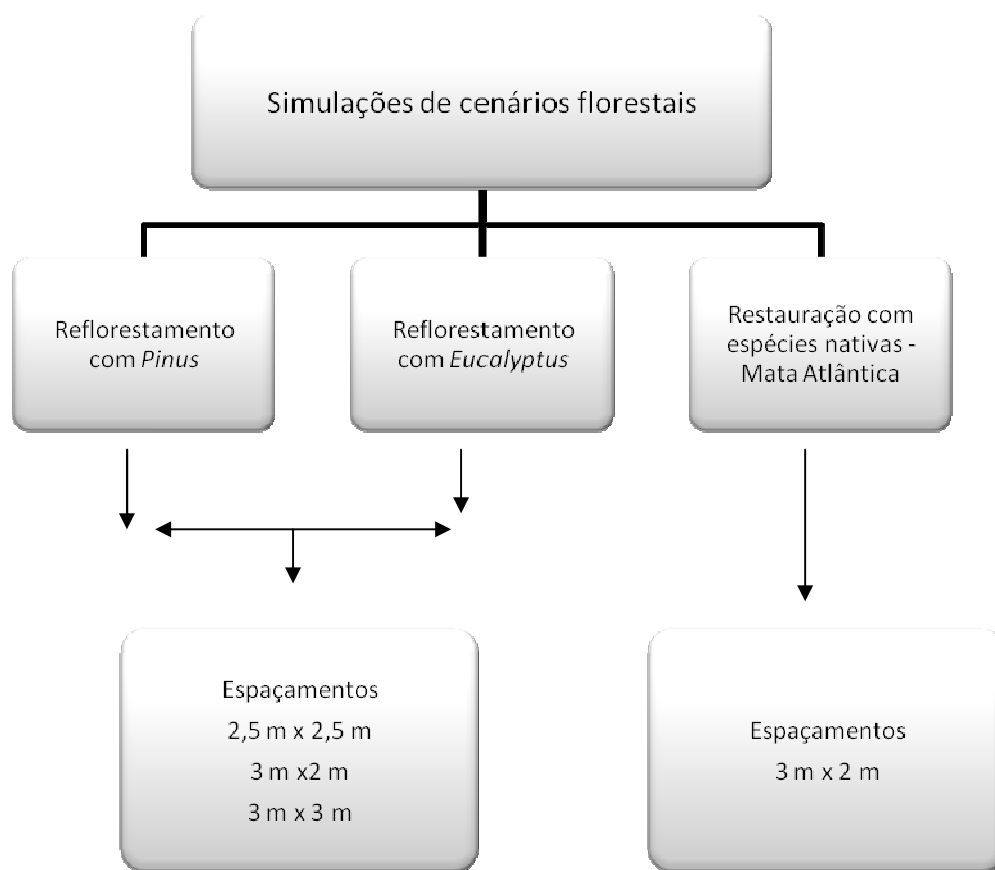


FIGURA 7 - CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO.
FONTE: Autora.

Para um melhor entendimento durante o trabalho, os cenários de plantio foram definidos como modelos, conforme o QUADRO 5.

CENÁRIO FLORESTAL	MODELO
<i>Pinus</i> 2,5 m x 2,5 m	Modelo A
<i>Pinus</i> 3 m x 2 m	Modelo B
<i>Pinus</i> 3 m x 3 m	Modelo C
<i>Eucalyptus</i> 2,5 m x 2,5 m	Modelo D
<i>Eucalyptus</i> 3 m x 2 m	Modelo E
<i>Eucalyptus</i> 3 m x 3 m	Modelo F
Espécies nativas – Mata Atlântica	Modelo G

QUADRO 5 - DEFINIÇÃO DOS MODELOS PROPOSTOS
FONTE: Autora.

Escolhidos os cenários, o passo seguinte foi a criação de uma base de dados para os reflorestamentos de *Pinus* e *Eucalyptus*. Foram aplicados, respectivamente, os programas de simulação: SisPinus e o SisEucalyptus. Para a floresta nativa foi utilizada a base de dados do trabalho realizado por Miranda (2008), o qual atual com fixação de carbono pela restauração florestal.

Com base nos plantios tradicionais observados em literatura, percebe-se que o manejo adotado, apesar de sofrer variações, segue algumas tendências. Deste modo, optou-se por utilizar regimes de manejo de acordo com a realidade do sul do Brasil. Os regimes de manejo foram determinados com base no índice de sítio (S) e espaçamento.

3.3.1.1 Reflorestamento com *Pinus*

Foi utilizado na simulação o *software* SisPinus – Embrapa Florestas para quantificar o potencial de fixação de dióxido de carbono.

O SisPinus permite gerar estimativas de fixação de dióxido de carbono para qualquer idade em povoamentos de *Pinus taeda* e/ou *Pinus elliottii*. A entrada de dados pode ser realizada de duas maneiras: configuração mínima, sendo incluídos os índices de sítio, o número de árvores por hectare e a idade da floresta; e a segunda configuração, mais completa, sendo os mesmos dados utilizados na mínima, com o acréscimo do diâmetro médio ou área basal por hectare em uma idade conhecida (OLIVEIRA, 2011).

Para a entrada de dados, foram utilizados os resultados de trabalhos feitos por Renner (2004), Balbinot (2004) e Mello, Sanquetta e Balbinot (2004), como se vê no QUADRO 6.

AUTOR	MÉTODO UTILIZADO	DADOS	ESPAÇAMENTO /S
RENNER (2004)	SisPinus	PVF: Peso Verde de Fuste PVFI: Peso Verde de Folhas PVGv: Peso Verde Galhos Vivos PVR: Peso Verde de Raízes DAP: diâmetro médio H: altura média	2,5 m x 2,5 m S ₁ : 19,2 S ₂ : 18,7 S ₃ : 18,4
BALBINOT (2004)	Destruivo	DAP Área basal	3 x 2 m S: 21
MELLO, BALBINOT e SANQUETTA, (2004)	SisPinus	CAP: Circunferência à altura do peito; Ht: altura total HC: altura comercial VF: Volume do Fuste PVF: Peso Verde do Fuste PVA: Peso Verde das Acículas PVGv: Peso Verde Galho Vivo PVR: Peso Verde de Raízes	3 m x 3 m S ₁ : 19,2 S ₂ : 18,7 S ₃ : 18,4 S ₄ : 18,9

QUADRO 6 - TRABALHOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS COMO BASE DE DADOS PARA O SISPINUS.

FONTE: Renner (2004), Balbinot (2004) e Mello, Sanquetta e Balbinot (2004).

Com base nesses estudos, foi utilizado um índice de sítio médio de 21 m, com idade índice de 20 anos. Foram simulados valores de fixação para os espaçamentos 2,5 m x 2,5 m sendo 1.600 ind/ha para o modelo A; 3 m x 2 m com 1.667 ind/ha para o modelo B; e 3 m x 3 m com 1.111 ind/ha para o modelo C. Na TABELA 8 estão apresentados os dados de entrada do programa para a simulação.

TABELA 8 - DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS NO SISPINUS.

FATORES	DADOS DE ENTRADA
Índice de Sítio	21 m
Nível de melhoramento do plantio (1 a 10)	1
Idade Índice	20 anos
Porcentagem inicial de sobrevivência	90 %

FONTE: Autora.

3.3.1.2 Reflorestamento com *Eucalyptus*

Os dados provenientes dos povoamentos de *Eucalyptus* foram processados no *software* SisEucalyptus – Embrapa Florestas, para quantificar a fixação de dióxido de carbono. Os dados de entrada foram inseridos de acordo com os regimes de manejo orientados pelos trabalhos de Santana (2008) e Bertolani, Nicolielo e Chaves (1995), de acordo com o QUADRO 7.

AUTOR	MÉTODO UTILIZADO	DADOS	ESPAÇAMENTO / S
SANTANA (2008)	SisEucalyptus	Índice de sítio; Número de árvores por hectare; Idade da floresta;	3 m x 2 m S ₁ : 30 S ₂ : 31 S ₃ : 32 S ₄ : 33 S ₄ : 34 S ₆ : 35
BERTOLANI, NICOLIELO E CHAVES (1995).	Destrutivo	Índice de sítio; Número de árvores por hectare; Idade da floresta.	3 m x 1,5 m S ₁ : 24

QUADRO 7 – TRABALHOS DE REFERÊNCIAS UTILIZADOS COMO BASE DE DADOS PARA O SISEUCALYPTUS.

FONTE: Santana (2008) e Nicolielo e Chaves (1995).

Foram utilizados os mesmos espaçamentos 2,5 m x 2,5 m, sendo 1.600 ind/ha (modelo D); 3 m x 2 m com 1.667 ind/ha (modelo E); e 3 m x 3 m com 1.111 ind/ha (modelo F). No entanto, difere-se no índice de sítio e na idade de índice, aqui utilizados os de 26 m e sete anos, respectivamente. A TABELA 9 apresenta os dados de entrada no programa para a simulação.

TABELA 9 - DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS NO SISEUCALYPTUS.

FATORES	DADOS DE ENTRADA
Índice de Sítio	26 m
Nível de melhoramento do plantio (1 a 10)	1
Idade de índice	7 anos
Porcentagem inicial de sobrevivência	90 %

FONTE: Autora.

3.3.1.3 Plantios com espécies nativas da mata atlântica

Como base de dados para espécies nativas foram utilizados dados de estudo de Miranda (2008). Um dos objetivos do estudo do autor foi estimar o carbono fixado em plantios mistos, utilizando espécies nativas para fins de restauração.

O autor trabalhou com as idades entre 5 e 17 anos em diferentes áreas localizadas no estado de São Paulo, todas com plantios com espaçamento 3 m x 2 m. A TABELA 10 mostra a fixação de CO₂ conforme resultado encontrado pelo autor.

TABELA 10 – FIXAÇÃO DE CARBONO DE ESPÉCIES NATIVAS EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO.

IDADE	CARBONO (t.ha ⁻¹)	tCO ₂ / ha ⁻¹
6	16,55	60,55
7	33,7	123,7
8	44,6	163,5
12	35,8	131,3
14	73,8	270,5
17	176	322,7

FONTE: Miranda (2008)

3.4 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE COMPENSAÇÃO

Para os valores de fixações de dióxido de carbono para os diferentes cenários, foram utilizados os cálculos para o dimensionamento do tamanho da área e quantidade de mudas a serem plantadas em função da magnitude da emissão de GEEs.

As simulações de fixação de carbono por meio do SisPinus e Siseucalyptus utilizadas, para o modelo de compensação proposto estão apresentadas nos Apêndices II e III.

3.4.1 Número de árvores

A partir do resultado final obtido na primeira etapa, são calculadas pela equação 7 abaixo a quantidade total de GEEs emitido em função das atividades e o número de espécies arbóreas a serem estimadas.

$$N = Et/Ff \quad (7)$$

Em que:

N = Número de árvores a serem plantadas;

Et = Emissão total de GEEs estimada na primeira etapa desta metodologia (tCO_{2e});

Ff = Fator de fixação de carbono em biomassa no local de implantação do projeto (tCO_{2e}/árvore).

3.4.2 Área utilizada pelo plantio

Para estimar a área a ser utilizada para a compensação de emissões, é utilizado o valor de emissão a ser compensado. O cálculo é dado pela divisão da

emissão de GEEs pela fixação de carbono de acordo com a idade índice e a espécie, equação 8.

$$\text{Área} = \text{Emissão} / \text{Fixação de carbono} \quad (8)$$

Em que:

Área (ha) = área necessária para o plantio;

Emissão = Emissão de GEEs a ser compensada, em tCO_{2e};

Fixação de carbono = Fixação de carbono, de acordo com a idade índice, em tCO_{2e}/ha.

3.5 VALIDAÇÃO DO MODELO DE COMPENSAÇÃO PROPOSTO

Diante da aplicação da “Calculadora de Carbono”, foi possível obter a emissão de GEEs durante a construção da obra. A partir do valor encontrado, foram simuladas opções de compensação para três cenários florestais desenvolvidos no modelo, sendo eles: *Pinus* com idade de 20 anos, *Eucalyptus* com sete anos e espécies nativas com 17 anos, de modo a possuímos a emissão e a compensação.

4 RESULTADOS

Os resultados foram descritos em quatro etapas, as quais são apresentadas de acordo com a metodologia e com as delimitações da pesquisa, sendo:

1. Customização da metodologia do GHG *Protocol* para a construção civil: Calculadora de Carbono;
2. Validação da Calculadora de Carbono desenvolvida: aplicação para o Inventário de emissões de gases de efeito estufa;
3. Estratégias de redução e compensação de emissões de GEEs associadas à construção civil;
4. Modelo de compensação de emissões de GEEs utilizando plantios florestais;

De acordo com a descrição acima, cada etapa foi estruturada conforme a FIGURA 8.



FIGURA 8 - ORGANIZAÇÃO DAS QUATRO ETAPAS DOS RESULTADOS.
FONTE: Autora.

4.1 CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA DO GHG *PROTOCOL* PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

O modelo customizado foi estruturado seguindo a orientação dos escopos do *GHG Protocol*, adaptados conforme as particularidades do setor da construção civil.

Visto que o modelo foi desenvolvido para construtoras, considera-se que a fabricação de materiais de construção civil é fixa no escopo 3, sendo sempre uma emissão indireta. O modelo customizado parte dos segmentos abaixo, FIGURA 9.

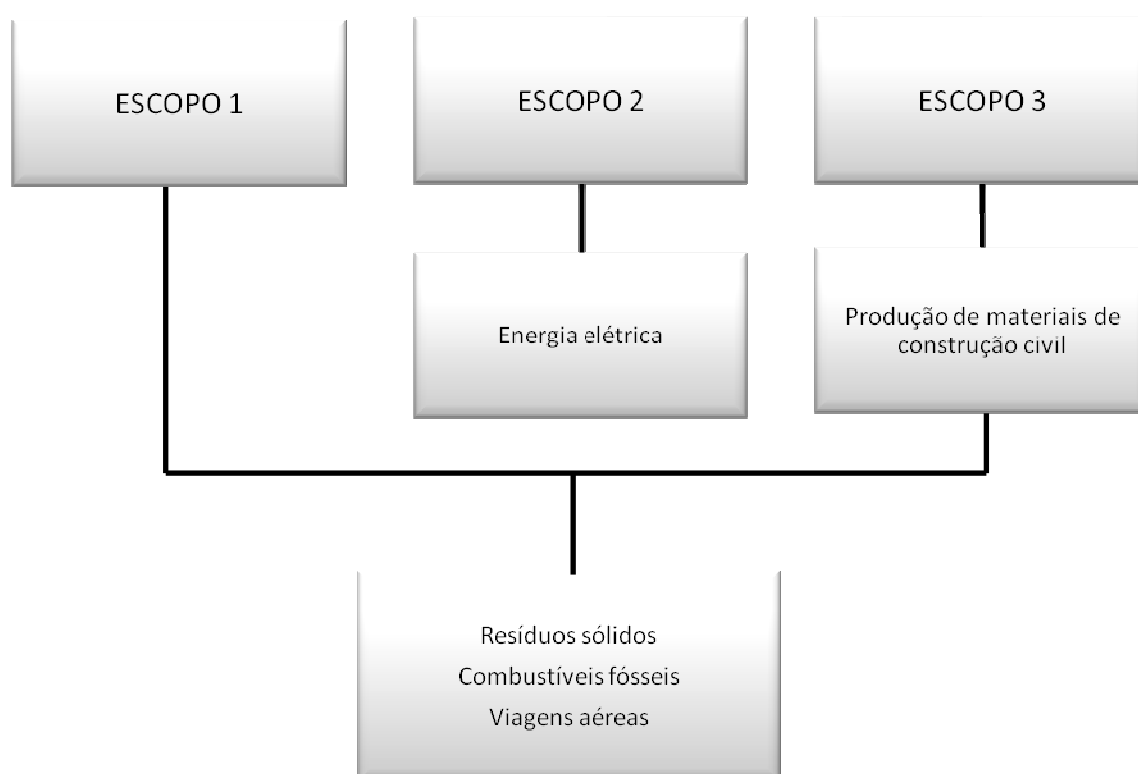


FIGURA 9 – MODELO DE QUANTIFICAÇÃO PROPOSTO PARA CONSTRUTORAS.
FONTE: Autora.

Diante da FIGURA 9, o *GHG Protocol* aponta a importância da delimitação dos escopos. Para o desenvolvimento do inventário, a empresa deve ter um bom entendimento quanto à abordagem de seus escopos, para que possa incluir somente os fatores que condizem com a realidade de cada um. Caso contrário, tal

situação poderá gerar dupla contagem de emissões, o que superestima os resultados.

A dupla contagem pode ocorrer da seguinte forma: uma empresa “A” contabilizará a emissão de GEEs resultantes do processo de fabricação dos materiais de construção da empresa “B” fornecidos à empresa “A”. Tanto a empresa “A” quanto a empresa “B” contabilizarão a emissão a partir do processo de fabricação dos materiais. Entretanto, para a empresa “A”, as emissões decorrentes da fabricação dos materiais adquiridos para a construção serão contabilizadas no escopo 3; já para a empresa “B”, que fabrica os materiais, as emissões farão parte do escopo 1.

A ferramenta de contabilização permite também a inserção de dados de emissões ao longo do processo de fabricação dos materiais, sendo complementada em função do seu ciclo de vida. As atividades que geram emissões, no escopo 1 ou 3, são praticamente as mesmas em todos os tipos de empresas ligadas à construção civil, devendo as empresas apenas informar se correspondem à atividade direta ou indireta da mesma.

A delimitação de escopos para a metodologia do GHG *Protocol* é importante e deve ser criteriosamente avaliada pela empresa, a fim de retratar a verdadeira realidade de emissões. Deste modo, a ferramenta desenvolvida mostra-se maleável a diferentes empresas ligadas ao ramo de construção civil, diferindo-se, apenas, em relação ao processo de suas atividades que delimitarão o escopo.

Outro fator que foi possível perceber com a customização da ferramenta diz respeito às emissões geradas pela construção civil. Embora as empresas do ramo tenham se preocupado em quantificar suas emissões, seus inventários encontram-se muitas vezes incompletos, visto que as maiores emissões provenientes são relacionadas ao processo de fabricação dos materiais.

Diante dessa preocupação com o processo de construção civil, cada vez mais se tem intensificado pesquisas sobre modelos que quantifiquem emissões nesta área. Marcos (2009) utilizou o sistema CAD-BIM para analisar as emissões de uma obra durante a fase pré-operacional em dois tipos de habitação de interesse social.

O autor ressalta a importância de se quantificar as emissões a partir da fabricação dos materiais de construção civil. O sistema CAD-BIM utilizado em seu

estudo apresentou uma boa alternativa para as quantificações. O sistema aplicado auxilia os construtores e projetistas no momento da realização do projeto e antes de iniciar o processo de construção, tornando a ferramenta um facilitador para diversas áreas, inclusive para cálculos ambientais como: cálculo de emissão, gastos energéticos, composição de materiais, entre outros.

A ferramenta de quantificação de emissões desenvolvida considerou apenas as fontes de emissão mais usuais por diferentes metodologias sendo eles: consumo de combustível, eletricidade, resíduos e fontes específicas de acordo com a aplicabilidade como a fabricação de materiais de construção civil.

No entanto, Hendrickson e Horvath (2000), em estudo realizado nos Estados Unidos, propõem um modelo de inventário que não quantifique apenas emissões de fatores convencionais. O modelo proposto deve considerar os resíduos perigosos e tóxicos.

Conforme a especificação da aplicabilidade do modelo Zammataro (2010), por outro lado, desenvolveu uma calculadora de carbono chamado de *Change*, aplicável à construção de projetos rodoviários, principalmente, na construção de estradas. O modelo proposto pelo autor visa à otimização da construção de estradas, analisando sistemas de abastecimento local com respeito à matéria-prima dos prestadores de serviços, escolha de fornecedores, locais de entrega e modos de transporte de material, permitindo a estimativa detalhada das emissões de GEEs especificamente atribuíveis à construção de estradas.

O modelo desenvolvido pelo autor teve como objetivo primordial o cálculo para se obter as quantidades de materiais, transporte, eletricidade, entre outros, sendo estas quantidades finalmente avaliadas com fatores de emissões, a fim de contabilizar o total das emissões de GEEs atribuíveis a todas as fases do processo de construção de estradas.

Diante da grande diversificação de modelos desenvolvidos, percebe-se que tanto o modelo em estudo como os consultados demonstram a importância de se estudar a análise do ciclo de vida dos materiais, sendo este, variável de acordo com o país devido aos fatores de emissão. Há que se ressaltar, entretanto, que a ferramenta desenvolvida pode ser aplicada apenas no Brasil.

O modelo customizado possui uma ampla aplicabilidade em diferentes empresas de construção civil, desde a fabricação de materiais até a construção de empreendimentos utilizando esses materiais. Ao compará-lo com outros modelos que quantificam emissões provenientes da fabricação de materiais e com inventário de emissões de construtoras brasileiras, este mostrou-se mais eficiente por quantificar diferentes tipos de materiais de construção e não apenas os mais utilizados, conforme os demais inventários consultados.

A continuidade e aperfeiçoamento de técnicas e estudos são essenciais para que esta ferramenta se torne cada vez mais condizente com a realidade da empresa e valores reais de emissão para todos os setores analisados.

Comparando com metodologias disponíveis para essa quantificação no setor de construção, a aplicabilidade do GHG *Protocol* apresenta-se mais vantajosa por ser, um programa de grande aceitação mundial.

4.2 VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA: INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEEs

Nesta etapa, estão apresentados os resultados do Inventário de Emissões de GEEs oriundos da aplicação da Calculadora de Carbono numa obra de ampliação de um *shopping*.

As emissões de GEEs encontradas estão em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}), discriminados em escopos.

4.2.1 Escopo 1: emissões diretas

Para este escopo, foram considerados o consumo de combustíveis fósseis através de equipamentos utilizados durante a obra e os resíduos sólidos gerados como emissões diretas da empresa.

Como já citado, o GHG *Protocol* trata o consumo de combustíveis fósseis de duas formas: fontes fixas ou fontes estacionárias, que são oriundas principalmente de equipamentos próprios da empresa, e fontes móveis derivadas da frota de veículos da empresa.

A. Emissões de combustíveis fósseis

O consumo de combustíveis por fontes fixas utilizados durante a obra resultou em uma emissão de 114,60 tCO_{2e}, referente apenas ao consumo de óleo diesel.

B. Resíduos Sólidos

Nos resíduos sólidos, foram consideradas as emissões decorrentes de madeira e de papel. Ainda que existam dados de resíduos de metais, estes não foram considerados, pois são contabilizados, pela metodologia, como recicláveis. Os resíduos apresentaram uma emissão de 0,03 tCH₄, o que equivale a 0,56 tCO_{2e}. O QUADRO 8 apresenta a quantidade de resíduo gerado e seus respectivos valores de COD – Carbono Orgânico Degradável utilizado no cálculo.

Resíduo	Quantidade (kg)	COD (%)
Metais - Latas	1780	43
Papéis e papelões	47.932,00	40
Madeiras	355.000	0

QUADRO 8 - QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS E OS RESPECTIVOS COD (%).
 FONTE: Autora.

O escopo 1 resultou numa emissão de 115,16 tCO_{2e} para a obra em estudo. No intuito de comparar os resultados deste trabalho, o QUADRO 9 apresenta uma comparação entre emissões do escopo 1 em inventários de emissões de construtoras.

Ressalta-se que os inventários consultados utilizaram a mesma metodologia customizada pelo estudo, o GHG *Protocol*. Suas aplicações se realizaram por meio do Programa Brasileiro do GHG *Protocol*. Os inventários não apresentaram suas emissões por obra, mas sim uma emissão total da empresa. Estas empresas apresentaram as fontes consideradas para cada escopo.

EMPRESA	FONTES INCLUÍDAS	EMISSIONES (tCO _{2e})	Nº DE OBRAS
Andrade Gutierrez*	Fontes fixas de combustão (equipamentos próprios); Fontes Móveis de combustão (frota própria);	70.351,04	27
Even**	Fontes móveis de combustão; Fontes fixas de combustão;	370,01	32
Norberto Odebrecht*	Fontes móveis de combustão; Consumo de explosivos; Gases utilizados em processos de corte e solda; Sistema de refrigeração; Sistemas próprios de disposição e tratamento de resíduos e efluentes;	257.305,67	55
Galvão Engenharia*	Fontes fixas de combustão (equipamentos próprios); Fontes Móveis de combustão (frota própria);	20.637,35	65
Promon Engenharia*	Fontes móveis de combustão; Fontes fixas de combustão (Frota própria).	46,70	Não especificado

QUADRO 9 – EMISSIONES PARA O ESCOPO 1 PARA INVENTÁRIOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.
FONTE: *Programa Brasileiro de GHG *Protocol*, ** ATA.

Conforme apresentado no quadro, nota-se uma variação de emissão nos resultados para o escopo 1 devido a cada empresa apresentar específicas particularidades. Deste modo, para uma análise comparativa deste escopo, deve-se

considerar fatores relevantes como: o porte da empresa, a quantidade de matéria-prima utilizada, tipo e particularidades das obras e processos considerados no escopo. Para uma melhor comparação entre as obras realizadas, seria verificar o cálculo pela emissão por m². No entanto, esse comparativo não foi possível pelos inventários não apresentarem a quantidade de m² utilizados nas obras.

Caso a empresa possua todas essas fontes de emissão a serem consideradas, em sua maioria, o escopo 1 considera as seguintes fontes de emissão: combustão fixa, combustão móvel e processos específicos.

Mediante os fatores a serem considerados no escopo, percebe-se que o escopo 1 é bastante flexível, impossibilitando a comparação direta devido à grande variação nele existente.

4.2.2 Escopo 2: emissões indiretas pela aquisição de energia

Com base nas informações disponibilizadas pela empresa, foram utilizados os fatores de emissão pela geração de energia elétrica do Sistema Nacional entre os meses de janeiro a dezembro de 2010 e de janeiro a abril de 2011 (QUADRO 10). Foram calculadas as emissões para todos os meses dos respectivos anos.

	Mês	*kWh	**Fator (tCO ₂ /MWh)	***Emissão (tCO _{2e})
2010	Janeiro	671,494	0,0211	0,01416
	Fevereiro	593,102	0,0280	0,01660
	Março	636,983	0,0243	0,01547
	Abril	614,056	0,0238	0,01461
	Maio	552,675	0,0341	0,01884
	Junho	500,401	0,0506	0,02532
	Julho	586,628	0,0435	0,02551
	Agosto	521,497	0,0774	0,04036
	Setembro	578,567	0,0907	0,05247
	Outubro	482,259	0,0817	0,03940
	Novembro	642, 786	0, 0869	0, 05585
	Dezembro	752, 252	0, 0532	0, 04001
2011	Janeiro	724, 967	0, 0262	0, 01899
	Fevereiro	673, 454	0, 0288	0, 01939
	Março	726, 968	0, 0208	0, 01512
	Abril	754, 600	0, 0198	0, 01494
TOTAL tCO_{2e}				0, 4271

QUADRO 10 - EMISSÕES PROVENIENTES PELA AQUISIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM (tCO_{2e}).

FONTE: *Sustentável, ** MCT (2011), ***Autora.

O escopo 2 teve uma emissão total de 0,43 tCO_{2e}, sendo 0,36 tCO_{2e} para o ano de 2010 e 0,068 tCO_{2e} para o ano de 2011. Os meses contabilizados neste escopo foram de acordo com a duração da obra, a qual foi construída de janeiro de 2010 a abril de 2011.

Com os resultados apresentados mensalmente pela aquisição de energia elétrica, foi possível observar uma variação das emissões durante os meses. Isso se deve ao fato de a matriz energética brasileira ser baseada em energia hidráulica, estando sujeita a uma forte variação sazonal em seus fatores de emissões (FE), ficando condicionados à disponibilidade hídrica dos reservatórios e seus respectivos despachos.

Para o escopo 2, percebe-se uma diferença nítida de emissões entre as obras realizadas no Brasil e as de outros países. Essa diferença se deve ao fato de o Brasil usar, em sua grande maioria, a hidroelétrica como matriz energética, que é uma energia limpa.

Ainda, Stachera Jr e Casagrande Jr (2008) citam que no caso do Brasil, onde a maior parte da energia é gerada por hidrelétricas, esta preocupação para emissões provenientes da energia elétrica é menor, sendo que, também, a necessidade de uso de energia para aquecer as casas se concentra apenas em estados do sul, devido ao inverno mais intenso.

Essas diferenças podem ser observadas por inventário realizado pela Construtora Andrade Gutierrez, que quantificou emissões em 27 obras tendo como base o ano de 2010, que para o escopo 2 foram encontradas emissões que variaram de 0,86 tCO_{2e} a 49,46 tCO_{2e}. A mesma construtora analisou emissões nos países Peru, Equador, Venezuela e República Dominicana, onde foram encontradas emissões de 0 tCO_{2e} , 294,47 tCO_{2e} , 174,14 tCO_{2e} e 68,07 tCO_{2e}, respectivamente, para cada país.

No inventário realizado pela Construtora Norberto Odebrecht, foram encontradas emissões que variaram de 10,27 tCO_{2e} a 1.946,36 tCO_{2e}. Esta grande variação de amplitude acontece devido à diferença do porte das obras variando assim a emissão.

Com os resultados encontrados, foi possível perceber que as emissões do escopo 2, apesar de baseados em uma mesma metodologia, variam devido ao porte da obra e ao fator de emissão, o qual se relaciona com o comportamento da matriz energética.

4.2.3 Escopo 3: emissões indiretas

As emissões do escopo 3 são provenientes apenas da fabricação dos materiais de construção analisadas pela ferramenta desenvolvida por Lobo (2010), a

qual separa as emissões de acordo com as instalações da obra, sendo desta maneira apresentadas no QUADRO 11.

Não foram contabilizadas as emissões provenientes dos transportes dos materiais, devido à ferramenta utilizada já contabilizar o transporte da indústria até o local da obra. Os materiais utilizados na obra com as suas emissões calculadas encontram-se no APÊNDICE I.

Instalações	tCO_{2e}
Instalações preliminares	1,37
Movimentação de terra	0,00055
Preparo de concreto	13.979,58
Fundações	57,05
Formas de madeira	1,2
Armaduras	1.778,76
Lajes pré moldadas	6. 681,55
Alvenaria	355,55
Esquadrias	121,96
Impermeabilização	914,85
Estrutura de madeira para cobertura	11,07
Cobertura de fibrocimento e acessórios	26,01
Captação de água pluvial em chapa galvanizada	1,83
Argamassas	94.519,90
Revestimentos de paredes	11,97
Revestimentos de forros e acessórios	41,79
Revestimentos de pisos e acessórios	402,74
Vidros	8,29
Instalações elétricas e hidrossanitárias	139,17
Limpeza geral da obra	3,70

QUADRO 11 - EMISSÕES PROVENIENTES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (tCO_{2e}).
FONTE: Autora.

De acordo com todas as instalações, a obra apresentou uma emissão de 119.058,37 tCO_{2e}. Como a obra teve uma área de 60.457,92 m² foi obtida uma emissão de 1,97 tCO_{2e} por m².

Com o intuito de analisar as emissões encontradas nesta obra, foram consultados dados de emissões de GEEs na literatura em outros inventários. No entanto, esses inventários não são comparáveis, visto que os inventários publicados nesta área apresentaram as emissões totais para o escopo 3, ou seja, a somatória de emissões de todas as obras que a empresa realizou. O QUADRO 12 apresenta resultados de emissões referentes a atividades de produção de materiais contabilizadas no escopo 3.

EMPRESA	PROCESSOS ANALISADOS	METODOLOGIA/ FATORES DE EMISSÃO	QUANTIDADE DE OBRAS CONSIDERADAS	EMISSÃO (tCO _{2e})
*Construtora Andrade Gutierrez	Cal	IPCC (2001)	27	290.166,93
	Asfalto	IPCC (2001)		
*Construtora Norberto Odebrecht	Aço	IPCC (2006)	42	401.996,68
	Cimento	IPCC (2006)		
**Inventário de emissões da produção de um piscina de fibra de vidro	Resina Poliéster	Wallon Institute (2001)	1	0.13519
	Fibra de Vidro	CEPAC		
***Construtora Even	Alumínio	IPCC (2006)	32	143.622,96
	Ferro	IPCC (2006)		
	Gesso	IPCC (2006)		
	Cerâmica	IPCC (2006)		
	Aço	IPCC (2006)		
	Asfalto	Universidade de Bath		
	Cobre	Universidade de Bath		
	Polipropileno	Universidade de Bath		
	Nylon	Universidade de Bath		
	PVC	Universidade de Bath		
	Têxtil	Universidade de Bath		
	Tintas	Universidade de Bath		
	Vidro	CETESB		
Cimento	Cement Sustainability Initiative do World Business Council for Sustainable Development /ABNT			
****Construtora Camargo Corrêa	Cimento	Não Informado	32	414.938,10
	Aço			

QUADRO 12 – EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.

FONTE: *Programa Brasileiro GHG Protocol, **CEPAC (2007), *** Even (2010), **** Camargo Corrêa (2010).

Conforme os resultados dos inventários apresentados, as fontes para os fatores de emissão utilizados variaram. Algumas empresas utilizaram os padrões sugeridos pelo Programa Brasileiro de GHG *Protocol* e pelos parâmetros do IPCC; outras, além destes, buscaram diferentes fontes na literatura.

O escopo 3 é opcional, o que implica em uma decisão quanto à sua inclusão e seu conteúdo. O critério para esta decisão deve ser baseado nos princípios da empresa, relacionado à relevância destas emissões e ao grau de influência e gestão que a empresa tem sobre elas. Neste caso, fica a critério da empresa o que vai ser considerado neste escopo e até mesmo ser apresentado. Além de o escopo ser facultativo, ele apresenta uma diversificação muito grande quanto ao que se considerar, apresentando uma quantificação flexível (GHG *Protocol*, 2003).

Diante da relevância que os materiais de construção civil apresentam, o GRÁFICO 1 demonstra as emissões provenientes dos materiais que apresentaram a maior emissão: argamassa, concreto, lajes e armaduras.

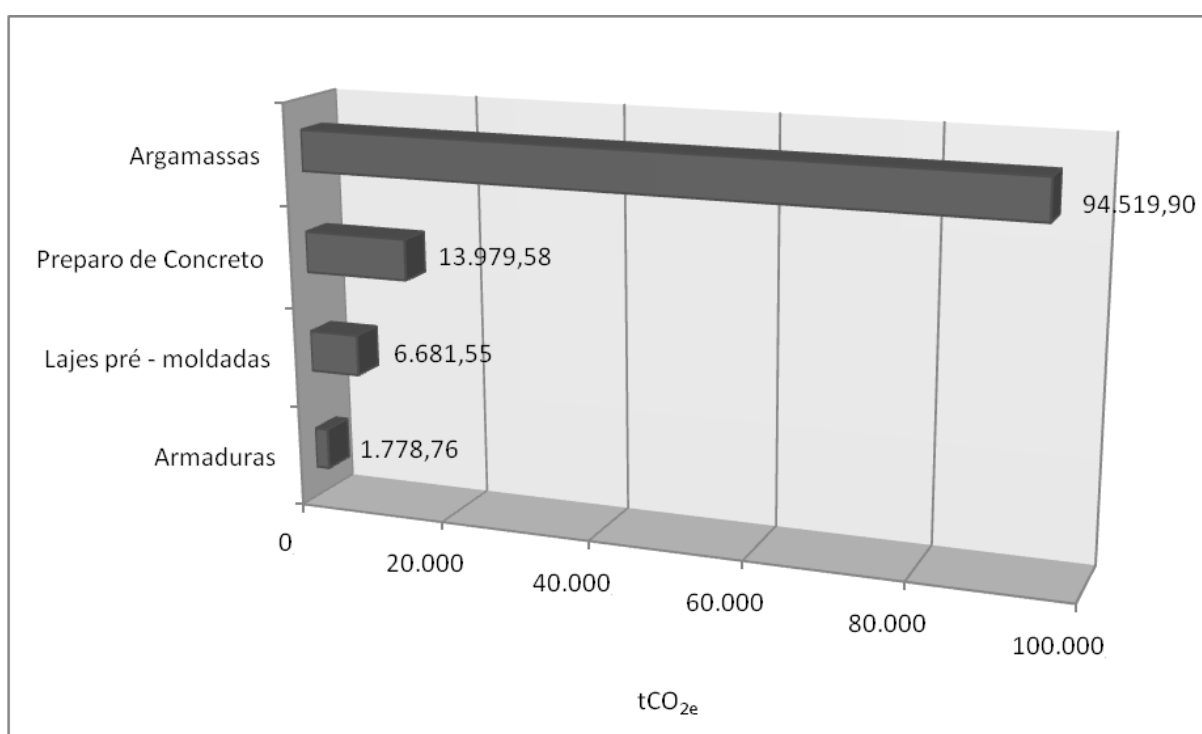


GRÁFICO 1 - EMISSÃO POR MATERIAL PARA OBRA EM ESTUDO (TCO_{2E})

FONTE: Autora

As maiores emissões são decorrentes de materiais que utilizam o cimento em sua estrutura, devido à fabricação dos materiais necessitarem de fontes fósseis de

energia para sua manufatura (LOBO, 2010). Além disso, o cimento emite grande quantidade de CO_{2e} para a reação que fabrica o clínquer, o qual faz parte da composição do cimento.

De acordo com o autor, ainda que a estrutura pré-moldada apresente vantagens quanto ao prazo de execução de obras e redução de perdas na obra, o sistema pré-moldado é uma estrutura pesada que requer uma solução de fundação mais robusta, com maior uso de concreto e ferro. Este sistema construtivo apresenta um maior percentual de concreto e armadura na edificação, ocasionando maiores emissões.

Stachera Jr. e Casagrande Jr. (2007) quantificaram a emissão da construção de casas com 40 m² realizadas pela Companhia de Habitação do Paraná, analisando principalmente os materiais cimento, cal, aço, areia e brita e combustíveis fósseis. Os autores obtiveram uma emissão média de 8,959 tCO_{2e} por casa.

No mesmo trabalho o autor apresenta quantidade de emissões de CO₂ para alguns materiais de construção civil apresentados no QUADRO 13.

EMISSÃO DE CO ₂ POR SACA DE CIMENTO (50 kg)	48,44 kg
EMISSÃO DE CO ₂ POR SACA DE CAL (20 kg)	15,71 kg
EMISSÃO DE CO ₂ POR Kg DE AÇO (50 kg)	1,45 kg
EMISSÃO DE CO ₂ POR TIJOLO (unidade)	0,95 kg
EMISSÃO DE CO ₂ POR m ³ DE AREIA (50 kg)	22,62 kg

QUADRO 13 – EMISSÕES DE CO₂ PARA ALGUNS MATERIAIS.
 FONTE: Stachera Jr. e Casagrande Jr. (2007)

Ainda Stachera Jr. e Casagrande Jr. (2008) desenvolveram estudo de quantificação de emissões em construção de casas no PAC Guarituba com 40,50 m². O estudo mostrou uma emissão de 9,84 tCO_{2e} por casa. De acordo com os materiais analisados, a maior emissão foi do cimento, variando de 2,28 tCO_{2e} a 3,97 tCO_{2e}.

Deste modo, é possível verificar que os materiais responsáveis pelas maiores emissões são os derivados do cimento. Segundo Soares (1998), isso pode ser explicado pela contribuição do teor de carbono contido no combustível e o poder calorífico inserido durante o seu processo de fabricação. Stachera Jr (2006) aponta

ainda que existem vários tipos de cimento, sendo o principal o *portland*, que é um material essencial de construção e serviços de engenharia.

Nos inventários analisados, percebe-se que as emissões oriundas do escopo 3 foram bastante significativas. No GRÁFICO 2 observa-se melhor essa relação.

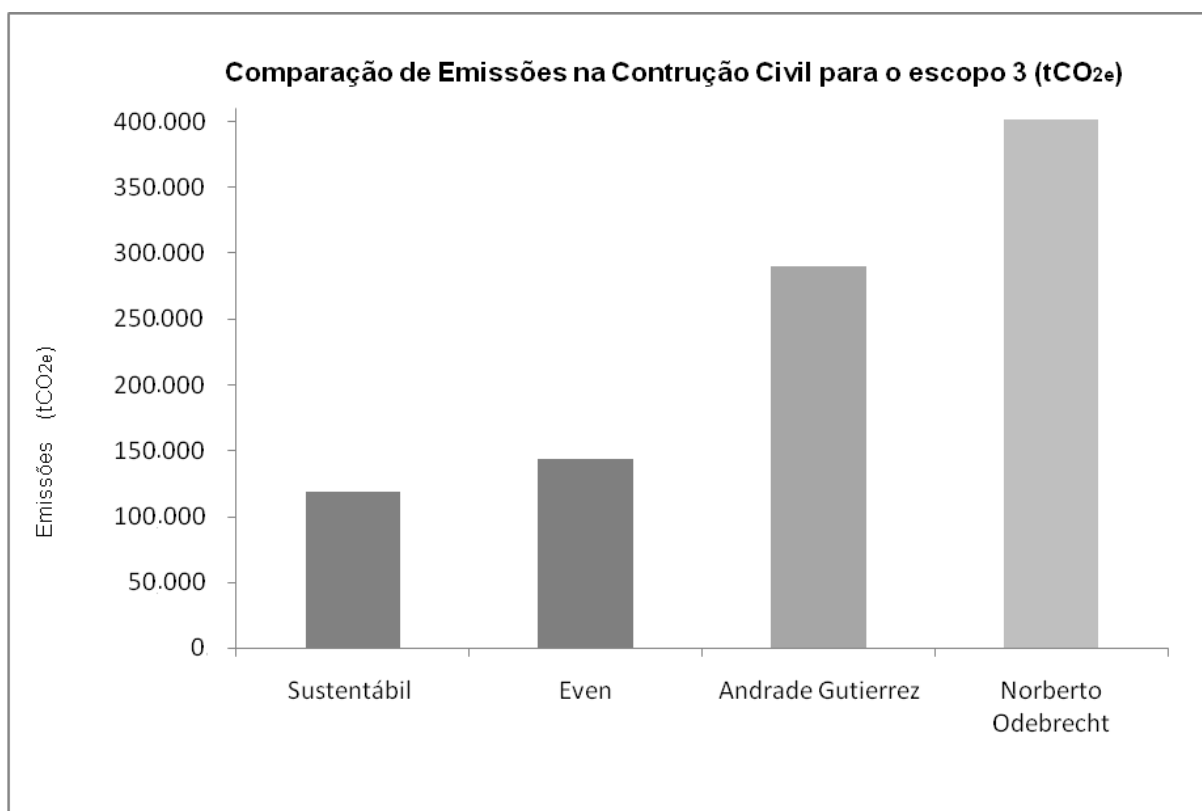


GRÁFICO 2 - EMISSÕES DE GEE DE INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CONSTRUTORAS, ESCOPO 3.
FONTE: Autora.

A quantidade de materiais utilizados é o principal fator a ser analisado no escopo 3. Os inventários consultados não apresentaram informações sobre o tamanho das obras. Ao analisar o gráfico, é possível identificar que as emissões neste escopo variam de acordo com a quantidade de obras e, também, com o porte das obras consideradas pelos inventários.

Diante de tal cenário, devido à grande diversificação de fatores a serem considerados no escopo 3, os inventários acabam não sendo comparáveis com o presente estudo.

Percebe-se que, no caso da empresa em estudo, as emissões apresentam um valor acima da média comparado às outras empresas, visto que o estudo é

aplicado apenas a uma obra. Ao realizar a média de emissões por obra, a visualização é facilitada, conforme observado no QUADRO 14.

EMPRESA	MÉDIA EMISSÃO POR OBRA (tCO_{2e})
Even	4.488,22
Norberto Odebrecht	9.571,35
Andrade Gutierrez	10.746,92
Camargo Corrêa	12.966,81
Sustentável	119.174,21

QUADRO 14 - MÉDIAS DAS EMISSÕES POR OBRA (tCO_{2e})
 FONTE: Programa Brasileiro de GHG *Protocol* (2011) Adaptado pela autora.

De acordo com o QUADRO 14, o resultado para empresa em estudo apresentou-se acima das médias de modelos encontrados na literatura nacional. As emissões apresentadas por obra tiveram uma variação de 4.488,22 tCO_{2e} para a empresa Even e de 12.966,81 tCO_{2e} para a Camargo Corrêa. Em média, todas as obras apresentaram uma pequena variação. No entanto, essa comparação permite visualizar que as emissões das outras empresas foram pequenas se comparadas à empresa em estudo, a qual apresentou uma emissão de 119.058,37 tCO_{2e} apenas para uma obra.

Estas diferenças ocorrem em função de que as pesquisas não contemplaram o mesmo modelo de edificação, nem a mesma metodologia. A ferramenta em estudo aplicada, a Calculadora de Carbono, engloba muitos materiais de construção civil, diferentemente dos inventários consultados, que consideraram apenas os principais materiais utilizados durante a obra, como já foi apresentado no QUADRO 12. Com isso, os modelos atuais de quantificação de emissões utilizados pelas empresas trabalham de forma mais generalizada, não se atentando aos materiais utilizados em menor quantidade. Isso demonstra que a ferramenta em estudo mostrou-se eficiente,

pois são quantificados maior variedade de materiais utilizados na obra, não apenas o aço, cimento e ferro, como no caso da maioria dos inventários.

Diante da variação de resultados entre as empresas, ressalta-se que o modelo de edificação analisado trata-se de uma ampliação e um edifício garagem sendo uma tipologia pouco convencional, diferindo-se assim da maioria dos estudos que se preocupam com residências de padrão popular.

4.2.4 Incertezas associadas ao inventário

A aplicação do *GHG Protocol* para concepção de um inventário possui algumas limitações práticas. Essas limitações estão relacionadas às suas incertezas em um inventário. Segundo o *GHG Protocol*, a preparação de um inventário de emissões de GEEs é um exercício científico e de contabilidade. Para seu desenvolvimento, devem ser considerados diferentes pontos para a coleta de dados na empresa, tais como: fontes de emissões, consumos, atividades e processos, entre outros.

Os dados de coleta para o inventário devem ser levantados direto nas fontes de emissão da empresa. Quando não possível esse levantamento pode ser estimado a mais próxima realidade da empresa. Quando tal prática ocorre, a norma para estudos científicos de GEEs e outras emissões é comunicar dados quantitativos com limites de erro estimados chamados de incerteza.

As incertezas de um inventário estão associadas às incertezas científicas ou incertezas de estimativa. As incertezas científicas ocorrem quando a ciência da emissão real e/ou o processo de remoção deixou de ilustrar a realidade da empresa. Um exemplo importante é a incerteza científica existente nos valores dos Potenciais de Aquecimento Global (GWP) dos gases (*GHG Protocol*, 2003).

Quanto às incertezas de estimativas, o *GHG Protocol* (2003) descreve que existem em todos os inventários de emissões, sendo divididos em dois tipos: incertezas nos modelos, que se refere às incertezas associadas às equações matemáticas, e as incertezas nos parâmetros utilizados como *inputs* nas

metodologias de cálculo, como por exemplo, atividades, processos, fontes e/ou fatores de emissão. Desta forma, visto que a maioria dos fatores abordados neste trabalho encontra-se no IPCC, a incerteza média associada é de 5 % para o dióxido de carbono (GEEs mais representativo).

No presente inventário, considerou-se a incerteza oriunda do processo de coleta de dados para aplicação da ferramenta. Esse fato foi justificado uma vez que alguns dados foram meramente estimados.

Quanto ao transporte de materiais, a ferramenta de Lobo (2010) contabiliza esse deslocamento, sendo desconsiderada uma nova contabilização para não haver dupla contagem de emissões.

4.2.5 Sumarização das emissões de gases de efeito estufa

O inventário total apresentou uma emissão de 119.174, 21 tCO_{2e}, sendo 115, 16 tCO_{2e} para o escopo 1, 0,68 tCO_{2e} para o escopo 2 e 119. 058,37 tCO_{2e} para o escopo 3. Os resultados mostram que 99,90 % das emissões correspondem ao escopo 3, GRÁFICO 3.

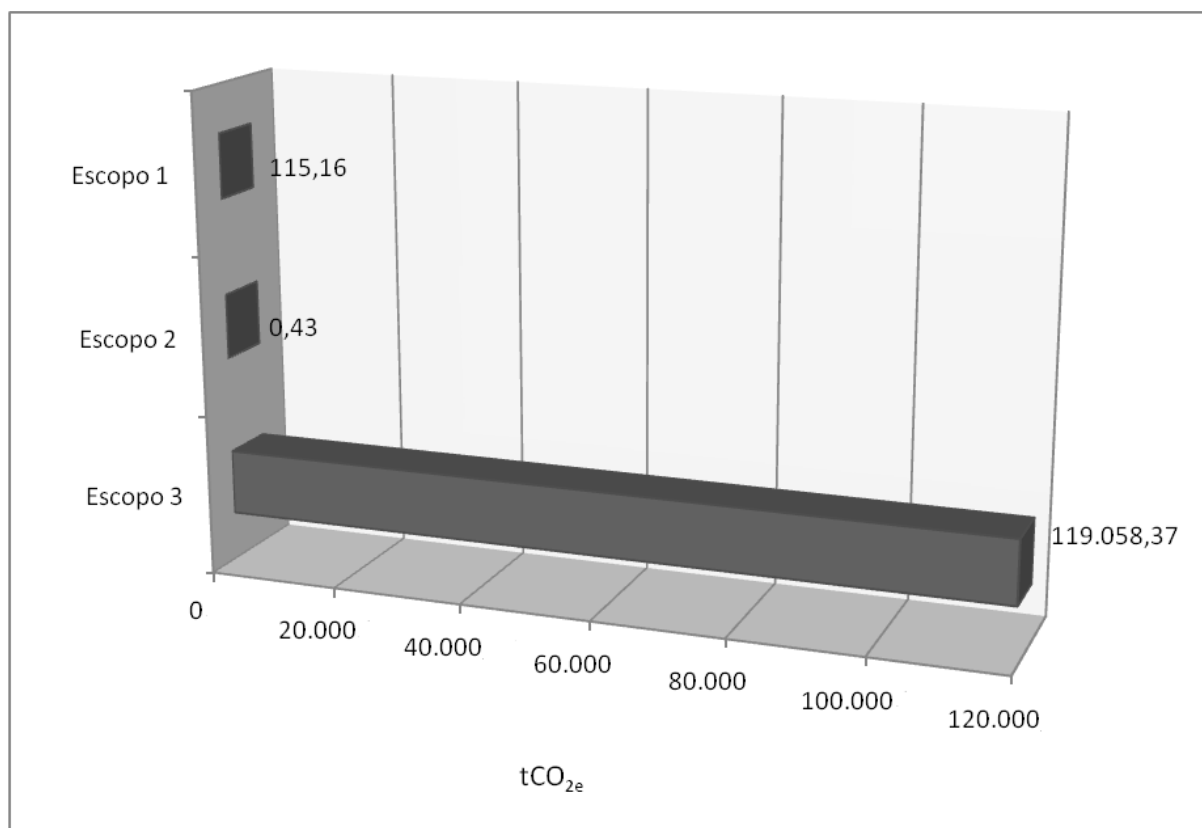


GRÁFICO 3 – EMISSÕES TOTAIS DE EMISSÃO POR ESCOPO (TCO_{2E})

FONTE: Autora

Com os resultados obtidos, é notável o destaque das emissões provenientes do escopo 3, decorrentes, principalmente, da fabricação dos materiais de construção civil.

Diante da relevância das emissões, fica evidente a importância de se contemplar este escopo em inventários de emissões aplicados no setor de construção civil.

De acordo com o relatório de emissões da Construtora Even (2010), qualquer incorporadora ou construtora deve considerar que suas atividades são compostas por uma sucessão de obras ao longo do tempo. Deste modo, seria viável quantificar as emissões por obra, como realizado neste trabalho, a fim de identificar os processos e materiais mais emissores em cada situação, GRÁFICO 4.

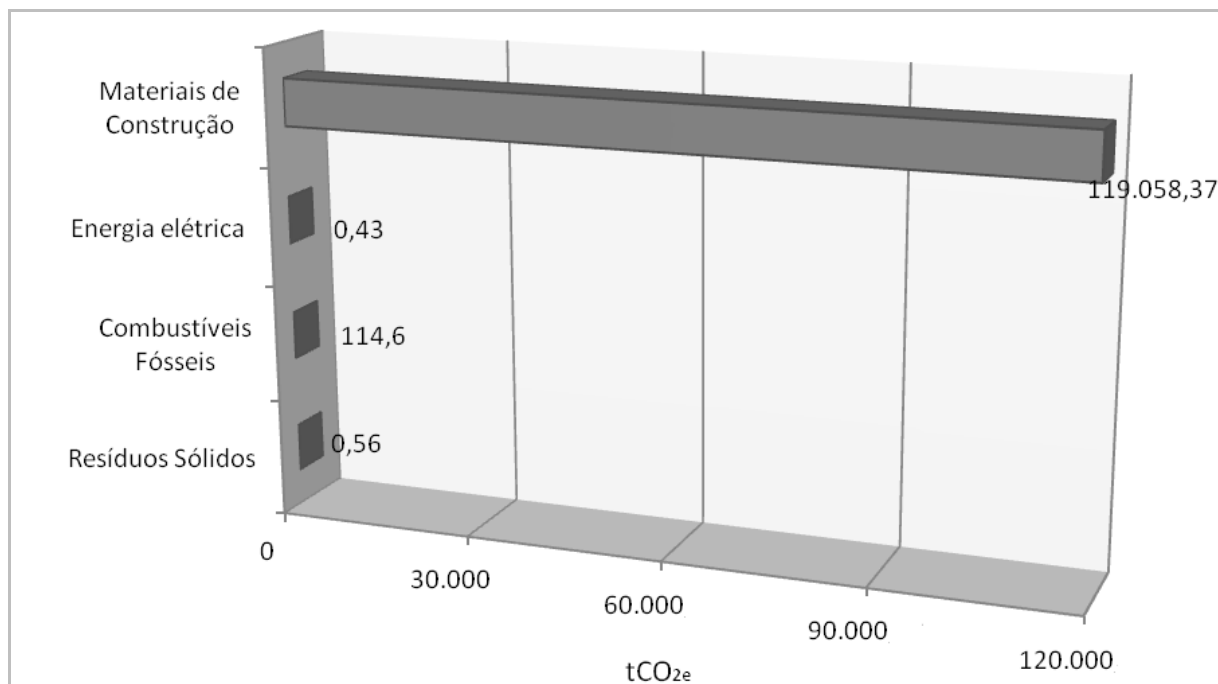


GRÁFICO 4 - EMISSÕES POR CATEGORIAS (tCO_{2e}).

FONTE: Autora.

Apesar de as maiores emissões serem provenientes do cimento, os outros materiais apresentaram valores relevantes. Isso demonstra que as emissões de todos os materiais durante toda a obra são significativas e devem ser contabilizadas. Com esse resultado foi possível identificar os materiais - chave de emissão, a fim de propor melhorias e propostas de redução de emissões para este setor. Diante de tal observação, Tavares (2006) aponta que a relevância de estudos energéticos no Brasil para construção civil reside no fato de que, apesar de uma matriz energética ser considerada limpa e ter um baixo consumo de energia no Brasil em relação à média mundial, o setor consome projeções de quase metade de toda a energia nacional.

Outro item observado com o estudo é a importância de se criar uma espécie de banco de dados, possibilitando arquivar todos os materiais e suas respectivas quantidades utilizadas durante a obra, bem como o consumo de combustível utilizado por veículos e equipamentos, além do consumo de energia elétrica. Esse banco de dados facilitará o desenvolvimento do inventário de emissões de forma a permitir que a empresa controle todos os seus consumos, possibilitando-a identificar os mais exacerbados. Poderá, assim, desenvolver uma gestão de seus consumos com o objetivo de reduzi-los.

A intenção desse estudo não é apresentar um número definitivo de emissões para a construção civil, mas, sim, demonstrar o quanto são significativos para o escopo, apresentar, principalmente, que as emissões deste setor são impactos significativos no meio ambiente, além de mostrar as dificuldades encontradas nesta quantificação e propor melhorias para que pequenas empresas possam quantificar suas emissões.

4.3 ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO E COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEEs NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo o *GHG Protocol* (2011), para estabelecer estratégias de redução de emissões, é preciso uma compreensão detalhada do impacto de GEEs de uma empresa. Tratando-se do setor de construção civil, essas estratégias de redução estão relacionadas, principalmente, ao desenvolvimento do produto, visto que as maiores emissões se dão por meio do processo de fabricação dos materiais.

Diante das emissões encontradas, sugere-se uma estratégia de redução de emissões realizando uma simulação para o presente estudo. O inventário de emissões da obra obteve uma emissão de 114,5 tCO₂ para o consumo de combustível de óleo diesel. Substituído pelo álcool, sua emissão seria de 62,78 tCO₂, apresentando um decréscimo de 45 % nas emissões de GEEs referente aos combustíveis fósseis.

De acordo com a simulação proposta, Truit (2009) aponta que as maiores fontes de emissão no setor de construção civil estão relacionadas à queima de combustíveis fósseis, principalmente de equipamentos e a eletricidade comprada. O autor relata que a redução de emissões em uma obra pode ser controlada por muitas atividades realizadas pelos empreiteiros, tais como o uso de combustíveis e eletricidade. O QUADRO 15, a seguir, lista as atividades de construção que resultam os maiores índices de emissões e classifica cada atividade de acordo com seu potencial de emissões.

MAIOR INFLUÊNCIA		
Seleção de Combustíveis	Equipamentos em marcha lenta	Uso de Eletricidade
Manutenção de Equipamentos	Seleção de equipamentos	Reciclagem de materiais
ALGUMAS POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS		
Seleção de materiais	Empregados Pendulares	
Transporte de Materiais	Remoção da Vegetação	
POUCA INFLUÊNCIA		
Escolha do local	Projeto de estrutura	

QUADRO 15 - ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DE GEEs NA CONSTRUÇÃO CIVIL
 FONTE: Truit (2009)

De acordo com o autor, o QUADRO 15 examina opções para reduzir as emissões focando nas atividades que a empresa tem controle ou influência. Identificando as atividades que podem interferir para uma redução de emissões, o autor propõe algumas medidas:

- Seleção de combustíveis: esse item deve considerar os combustíveis com fatores de emissão mais baixos, os menos emissores, como o caso dos bicombustíveis.
- Marcha Lenta: A marcha lenta desnecessária ocorre quando os caminhões esperam por longos períodos de tempo para carregar ou descarregar, ou quando o equipamento que não está sendo usado é deixado ligado, por exemplo, para manter o aquecimento ou resfriamento para o conforto do motorista. Reduções em marcha lenta promovem a diminuição do consumo de combustível, dos custos associados e das emissões de GEEs. Para reduzir a marcha lenta e as emissões de GEEs associadas, empresas de construção precisam avaliar quando e porquê estas ocorrem nas atividades da empresa. Reduções de marcha lenta podem ser alcançadas pelas

mudanças nas práticas de trabalho, tais como treinamento de motoristas para desligar o equipamento em vez de deixá-lo ocioso, ou pelas mudanças nos equipamentos, como a adição de combustível eficiente de energia auxiliar para o condicionamento de calor ou de ar necessário ao conforto do motorista.

- **Manutenção de equipamentos:** Manutenção adequada muitas vezes resulta em economia de combustível, ainda que a magnitude da poupança varie de acordo com o tipo e condição do equipamento. Ela pode incluir inspeção sistemática de equipamentos, detecção de potenciais fracassos e corrigi-los rapidamente. Exemplo dessas atividades é a manutenção de empilhadeiras, onde se estima que 50 % destas não são mantidas adequadamente, podendo, cada uma, desperdiçar mais de 400 galões de gás propano. Já em caminhões de pequeno porte, as rodas desalinhadas podem afetar negativamente a eficiência do combustível de 3 – 4%.
- **Seleção de equipamentos:** Os equipamentos devem ser criteriosamente selecionados. O tamanho adequado para uma tarefa pode permitir uma poupança de combustível. Motores de caminhões muito grandes para uma determinada aplicação podem queimar mais combustível acionando peso desnecessário. Outra solução é substituir equipamentos mais antigos por modelos mais novos que demandam um consumo menor de combustível, por meio de avanços na tecnologia de motores, equipamentos de peso reduzido e até mesmo alguns híbridos.
- **Materiais de construção:** A contabilização dos materiais está relacionada ao ciclo de vida. Segundo o autor, os inventários devem incluir os GEEs emitidos a partir de todos os materiais de construção usados e descartados, bem como o combustível e a energia elétrica utilizados para a fabricação dos materiais, uso e descarte. Para a redução desse item, existem, claramente, oportunidades de redução por meio de reaproveitamento de materiais,

seleção de materiais diferentes com melhores tecnologias, menos impactantes e melhorias de métodos de produção do produto.

- Resíduos de construção: A reciclagem é o processo de reprocessamento ou a reforma dos materiais usados em novos produtos, enquanto a reutilização é o processo de usar o mesmo produto em vez de um novo. Durante a fabricação e transporte dos materiais, a energia é gasta e GEEs são liberados. Quando os materiais são reutilizados ou reciclados, as emissões associadas que teriam ocorrido durante a fabricação de material virgem são evitadas. Assim, a reciclagem e/ou reutilização tornam-se viáveis para o setor. A compra de madeira e materiais produzidos localmente podem reduzir os impactos das emissões do transporte. Em alguns casos, além de reduzir as emissões, a reciclagem pode ser mais rentável do que a eliminação.

Tratando-se dos materiais de construção civil, as estratégias de redução de emissão para esse setor se dão, principalmente, por meio da fabricação de materiais, visto que apresentam as maiores emissões do setor. Desta forma, estratégias de redução para o setor estão relacionadas principalmente ao desenvolvimento do produto (GHG *Protocol*, 2011), os quais fundamentam-se na análise do ciclo de vida do produto.

Visando melhorar as alternativas que diminuam os impactos causados durante o desenvolvimento de produtos e criar orientações e normas para esses estudos, o GHG *Protocol* lançou, em 2011, o *GHG Protocol - Produto Contabilidade do Ciclo de Vida e Reporting Standard*. Seu principal objetivo é fornecer um quadro geral para as empresas realizarem escolhas informadas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa a partir dos produtos (bens ou serviços) que eles projetam, fabricam, vendem, compram ou usam. Para isso, o protocolo define alguns parâmetros de estratégias a serem seguidos pelas empresas:

- Identificar novas oportunidades de mercado e incentivos regulamentares;
- Identificar riscos relacionados ao clima físico e regulamentares do ciclo de vida do produto;

- Avaliar os riscos de flutuações nos custos de energia e disponibilidade de material;
- Concentrar os esforços em melhorias de eficiência e redução de custos através de oportunidades;
- Reduzir as emissões de GEEs ao longo do ciclo de vida do produto;
- Conjunto de produtos relacionados com metas de redução de GEEs e desenvolver estratégias para atingir metas;
- Medir e relatar o desempenho de GEEs ao longo do tempo;
- Fixar faixas de melhoria de eficiência ao longo de um ciclo de vida do produto ao longo do tempo;
- Realizar parceria com fornecedores para obter reduções de GEEs;
- Avaliar o desempenho do fornecedor para os aspectos de GEEs sobre os esforços de contratos públicos ecológicos;
- Reduzir as emissões de gases de efeito estufa e uso de energia, custos e riscos na cadeia de abastecimento, e evitar custos futuros relacionados à energia e às emissões;
- Lançar uma campanha de educação do cliente para incentivar ações que reduzam emissões de GEEs;
- Alcançar uma vantagem competitiva pela busca de oportunidades de redução de GEEs e redução de custos para criar um produto de baixa emissão;
- Redesenhar um produto para responder melhor às preferências dos clientes;
- Fortalecer a imagem de marca em relação ao desempenho de GEEs;
- Fortalecer a reputação corporativa e responsabilidade por meio da divulgação da importância de contabilizar as emissões de GEEs.

Vistos os parâmetros a serem adotados, as empresas devem ser capazes de compreender e gerenciar os seus produtos relacionados com riscos de GEEs, se for para assegurar sucesso em longo prazo como uma vantagem competitiva no ambiente de negócios, e preparar-se para qualquer futuro, com produtos relacionados a programas e políticas ambientais.

Diante de pesquisas relacionadas à análise de ciclo de vida dos produtos, Stachera Jr. (2006) aponta que uma produção mais limpa para o setor parte da

adoção de quatro princípios básicos como: precaução, prevenção do resíduo na fonte (reduzir – minimizar), avaliação do ACV – ciclo de vida e participação democrática.

Casagrande Junior (2004) cita que existem etapas para um novo modelo de construção sustentável, as quais devem se basear nas recomendações abaixo:

- Aplicação de conceitos projetuais bioclimáticos;
- Minimizar o uso de recursos minerais não renováveis, energia e água;
- Escolher recursos, processos e materiais de baixo impacto ambiental, selecionando os materiais de acordo com os processos e o uso de energia de maior ecocompatibilidade (biomateriais);
- Otimizar a vida útil das edificações: Projetar visando a maior durabilidade possível;
- Aumentar a vida útil dos materiais: Projetar em função da valorização (reaplicação) dos materiais;
- Garantir plenas condições de segurança do trabalho a todos os profissionais envolvidos;
- Implantar plano de gerenciamento de resíduos na obra, quando possível reutilizar na obra sem prejudicar sua qualidade e segurança ou se responsabilizar pelo destino adequado aos mesmos;
- Facilitar a 'desconstrução': Projetar de forma a possibilitar a separação dos materiais para reaproveitamento e reciclagem.

Diante desses princípios, empresas têm se preocupado em buscar novas tecnologias de construção que minimizem os impactos e continuem a oferecer qualidade. De acordo com Soares (1998), as maiores emissões do setor estão relacionadas ao uso da energia. Segundo o autor, embora a redução do consumo de eletricidade não represente emissões líquidas representativas de CO₂, no Brasil, por se tratar de base hidrelétrica, a expansão em seu consumo tem sérias implicações na ampliação do parque gerador de energia elétrica. O autor frisa a importância da redução de emissões e cita alguns sistemas que podem trabalhar para essa finalidade: motores elétricos e acionamentos, sistemas de moagem, tecnologias de

produção do clínquer, cogeração de energia elétrica, substituição interenergético, uso de adições ativas ao cimento e uso de minerais.

Diante de tais estratégias de redução, a construtora em estudo pode buscar materiais de construção civil com o potencial de emissão mais baixo. Outra alternativa é a utilização de madeira em lugar do concreto, sempre que possível. No intuito de se comprovar a diferença destes dois materiais, Marcos (2009) desenvolveu uma pesquisa analisando dois tipos de empreendimentos, acusando as seguintes emissões, conforme o QUADRO 16.

	ALVENARIA	MADEIRA
Fabricação	5675, 69 kg CO ₂	1907,17 kg CO ₂
Transporte	268, 70 kg CO ₂	60,83 kg CO ₂

QUADRO 16 - EMISSÕES DE GEEs DE CASAS DE ALVENARIA E DE MADEIRA
 FONTE: Marcos (2009)

A pesquisa realizada apontou que a casa de alvenaria gera uma emissão muito maior do que a de madeira, mostrando que a utilização de madeira para habitações residenciais torna-se viável quando possível. O autor ainda ressalta que a madeira de reflorestamento é uma alternativa para a melhoria das condições de vida da população de baixa renda e para diminuição da poluição ambiental.

Burnett (2006) desenvolveu estudo comparando as emissões de três diferentes e típicas práticas de construção na Escócia, Inglaterra e aumento de madeira nos materiais de construção. Com os resultados encontrados, foi possível verificar que, quando se utiliza madeira em seu conteúdo, as emissões de GEEs associadas à energia incorporada dos materiais de construção se tornam menores. O estudo demonstrou, de modo indicativo, que é possível conseguir uma redução de até 86 % nas emissões de gases de efeito estufa pelo uso de madeira interna e/ou externa em elementos estruturais e acessórios, em vez da típica prática de materiais de construção.

Outro item que apresenta um potencial de redução de emissões diz respeito aos resíduos de construção da obra. Grígolleti e Sattler (2003) defendem que, para ocorrer uma redução de desperdício e um melhor reaproveitamento, deve-se

desenvolver um trabalho em conjunto com os diferentes setores da construção, para que este recurso desperdiçado seja utilizado, diminuindo, assim, o consumo de outras matérias-primas. A empresa em estudo já recicla e reutiliza alguns de seus resíduos, contribuindo para uma baixa emissão.

Outros parâmetros a serem considerados é a certificação LEED - Liderança em Energia e Design Ambiental. A certificação é um selo verde destinado às construtoras com o intuito de projetar e desenvolver construções com desempenho ambiental. A LEED busca otimizar o uso dos recursos naturais, promover estratégias regenerativas e minimizar os impactos negativos no ambiente e na saúde humana. O objetivo do sistema é reduzir a emissão de carbono no mundo construído e criar um sistema competitivo para a eficiência de edifícios (USGBC, 2011).

Ainda existe o Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental - o qual parte do princípio de construções mais sustentáveis, sendo um processo de gestão de projetos visando a obter qualidade ambiental em empreendimento de construção, utilizando ferramentas como: o uso de energia, qualidade de vida para os usuários, economia de água, disposição de resíduos e manutenção (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2012).

Em geral, com esse resultado, é evidente que existem estratégias chaves no setor, amplamente eficientes, bem como a necessidade de se adotar esforços para reduzir as emissões derivadas do setor de construção civil. No entanto, políticas governamentais existentes não são suficientes para resolver o problema. Liderança e inovação de negócio são vitais para o progresso. Assim, cabe às empresas criar estratégias de mitigação em suas obras propondo melhorias de qualidade e ambientais.

4.4 MODELO DE COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEEs UTILIZANDO PLANTIOS FLORESTAIS

Diante da impossibilidade de redução plena das emissões, sugere-se buscar formas de compensação. No âmbito das mudanças climáticas, a palavra

compensação significa definir uma quantidade de emissões de GEEs que um indivíduo ou organização tenha provocado, e evitar ou reduzir na mesma proporção em um local diferente (STERK e BUNSE, 2004).

Com esse objetivo, as empresas têm implantado projetos de reflorestamento que visam à remoção de CO₂ da atmosfera através da fixação de carbono na biomassa.

Foram avaliadas três alternativas de modelos para a compensação em função de a escolha estar relacionada ao objetivo da empresa. O objetivo pela escolha do modelo de plantio está geralmente associada a parâmetros econômicos e/ou ambientais. A espécie, por sua vez, depende de sua rentabilidade e aplicabilidade na empresa que a escolher. Exemplos podem ser citados como: florestas plantadas aplicam-se geralmente com fins econômicos e comerciais. No que se refere a florestas nativas a sua aplicação tem importância principalmente ambiental.

Partindo da compensação de emissões utilizando plantios florestais, os modelos propostos permitem que as empresas escolham o cenário que melhor se adéque à sua realidade, ficando sob seu critério as espécies e os seus espaçamentos. De acordo com o cenário escolhido, o modelo estima o número de mudas e a área demandada para compensar determinada emissão.

Perante tais considerações, o usuário que utilizar o modelo deverá considerar alguns fatores imprescindíveis para a escolha do cenário florestal como: fatores como área disponível para a compensação, custos de plantio e monitoramento. Esses fatores estão normalmente associados ao objetivo da empresa como citado anteriormente.

O inventário de emissões de GEEs aplicado na empresa em estudo resultou em uma emissão de 119.058,37 tCO_{2e}. Nos diferentes cenários criados pelo modelo de compensação de emissão, foram estimados o tamanho da área e o número de mudas necessário para uma rotação do plantio florestal compensar a emissão decorrente daquela obra, conforme se observa no QUADRO 17.

	MODELO A	MODELO B	MODELO C
	<i>EUCALYPTUS</i> 2,5 m X 2,5 m	<i>EUCALYPTUS</i> 3 m X 2 m	<i>EUCALYPTUS</i> 3 m X 3 m
Anos	7	7	7
Área (ha)	818	797	1.045
Nº de mudas	1.242.917	1.211.303	1.102.282
	MODELO D	MODELO E	MODELO F
	<i>PINUS</i> 2,5 m X 2,5 m	<i>PINUS</i> 3 m X 2 m	<i>PINUS</i> 3 m X 3 m
Anos	20	20	20
Área (ha)	226	223	263,5
Nº de mudas	362.292	339.464	278.070
	MODELO G		
	ESPÉCIES NATIVAS 3 m X 2 m		
Anos	17		
Área (ha)	368		
Nº de mudas	590.311,11		

QUADRO 17 - COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEEs CONFORME A FERRAMENTA.
FONTE: Autora.

De acordo com o QUADRO 17, é necessário o mínimo de 278 mil mudas plantadas e uma área de 263 ha para compensar a emissão de 119.058,37 tCO_{2e}, conforme o modelo F. No entanto, em se tratando da área mínima necessária para compensar as emissões seriam 223 ha, o que proporcionalmente equivale a 270 campos oficiais de futebol, conforme o modelo D. Lembrando-se de que não basta apenas o plantio, mas também, que a compensação ocorra mediante a permanência deste na rotação considerada. Foi possível perceber que a espécie que demandou a menor quantidade em área e número de mudas foi o *Pinus*. Isso pode ser explicado pelo ano base estabelecido para espécie, qual seja, vinte anos, sendo esse maior do que para as outras espécies. Devido à idade base do *Eucalyptus* ser sete anos, a sua

área e quantidade de mudas foi muito maior do que as demais, sendo necessário no mínimo um plantio de 1.102.282 mudas conforme modelo C. O quadro ainda permite observar que, em todos os cenários de plantios, a área e o número de mudas foram altos, demandando um custo elevado e tempo para a realização dos plantios.

De acordo com Watzlawick *et al.* (2002), as florestas naturais possuem importância na contribuição no processo de fixação de carbono uma vez que elas mantêm o carbono fixado por mais tempo devido a intervenções silviculturais serem realizadas por períodos mais longos. O mesmo autor aponta que a fixação de carbono somente ocorre enquanto as árvores e a floresta estão em crescimento, sendo assim um importante atrativo a recuperação de áreas de ecossistemas em áreas degradadas, através de regeneração, adensamentos, aumento considerável da biomassa e, conseqüentemente, do estoque de carbono fixado.

Já Sanquetta (2002) aponta que a fixação de carbono normalmente está relacionado com o potencial de armazenamento nas florestas e outros tipos de vegetação. Neste contexto, o autor descreve que se deve levar em conta as perspectivas de incremento de reservar naturais de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas.

Conforme apresentado no QUADRO 17, observa-se que o modelo desenvolvido gera possibilidades de compensações, apresentando apenas dados como o número de mudas e área. Deste modo, o modelo apresenta limitações quanto à sua aplicação.

Essa limitação relaciona-se ao período de crescimento da floresta junto ao seu monitoramento. Visto que o crescimento da floresta demanda um determinado período para que fixação de carbono cumpra com os objetivos de compensação, torna-se imprescindível que a empresa que vier a utilizar o modelo de compensação, além de plantar, preocupe-se com o monitoramento da plantação para que se cumpra com os objetivos propostos. Técnicas florestais de preparação do solo, manutenção e monitoramento da área não são abordadas pelo modelo, ficando sob responsabilidade da empresa.

Partindo deste princípio, Crestana *et al.*, (2006) apontam que o mais viável seria contratar empresas ou especialistas que conheçam as técnicas de plantio para

que a plantação realmente cumpra seu objetivo. Os autores mencionam que, para se atingir os objetivos de um reflorestamento, é necessário que as mudas produzidas sejam de excelente qualidade e passem por um período de aclimatação e rustificação, antes de serem despachadas para o campo.

May (2005) cita ainda que os baixos índices de sobrevivência das plantas podem ser causados pela escolha inadequada de espécies locais, época de plantio, ataques de pragas entre outros. Problemas agrônômicos (ervas daninhas, doenças etc.) cooperam para que apenas uma pequena porcentagem de mudas se transforme em árvores, reduzindo, assim, drasticamente a formação de uma nova floresta, ameaçando seriamente o potencial efetivo de fixação de carbono.

Deste modo, Barreto, Freitas e Paiva (2009) apontam que, para que o modelo de fixação de carbono seja significativo, é necessário que o carbono fique armazenado por um período longo o suficiente para que sua emissão seja efetivamente compensada.

Ressalta-se ainda que o modelo de compensação desenvolvido pode ser aplicado em âmbito nacional, variando, no entanto, de estado para estado, visto que o crescimento das espécies tem influência direta de fatores como clima, solo e tipo de plantio.

4.4.1 Cenário de sensibilidade das emissões de GEEs X crescimento dos plantios florestais

Visto que o inventário teve o ano de 2010 como base, e considerando que o plantio fosse realizado a partir de 2011, aplicando a estimativa de compensação aos três cenários florestais desenvolvidos pelo modelo, suas emissões só seriam compensadas em 2017 para o plantio de *Eucalyptus*, e no ano de 2030 para o *Pinus*. Para as espécies nativas a compensação ocorreria em 2027.

Deste modo, deve-se considerar que as emissões não estabilizam durante esse período de crescimento das florestas, ou seja, enquanto a floresta compensa a emissão referente ao ano de 2010, novas emissões surgem nesse período.

Para analisar as emissões, foram escolhidos os três cenários para a sua aplicação, sendo os modelos A (*Pinus*), E (*Eucalyptus*) e G (espécies nativas), de acordo com os dados do QUADRO 17 apresentado anteriormente. Foi considerada uma projeção de emissão de sete anos para o *Eucalyptus*, dezessete anos para as espécies nativas e vinte anos para o *Pinus*. O GRÁFICO 5 apresenta a fixação de carbono durante o crescimento das espécies de reflorestamento, sendo eles *Pinus* e *Eucalyptus*, o GRÁFICO 6 apresenta a fixação de carbono para espécies nativas através de restauração florestal, consideradas junto à emissão durante os anos.

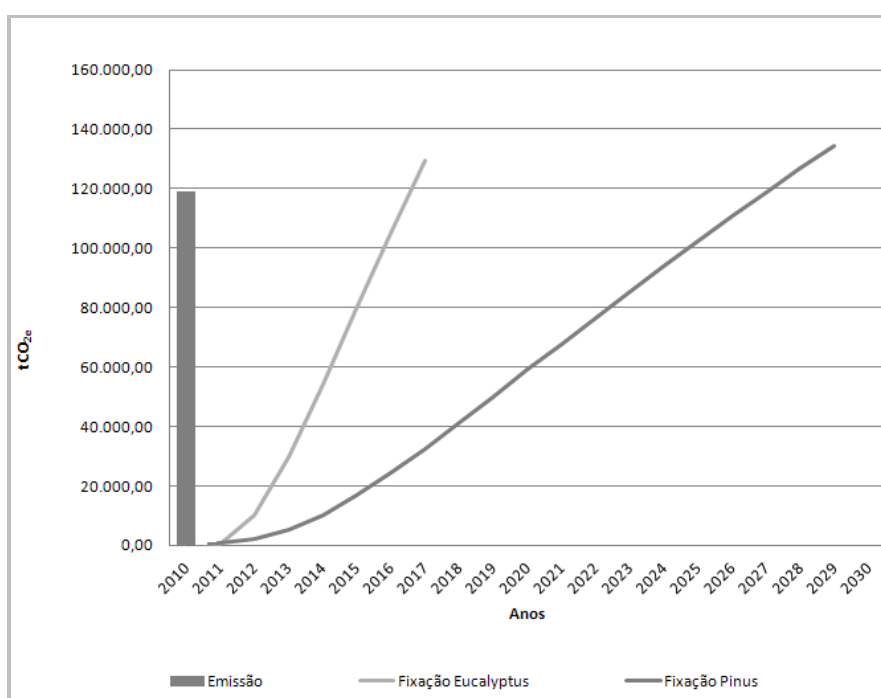


GRÁFICO 5 - RELAÇÃO DE EMISSÃO E FIXAÇÃO DE CARBONO DURANTE O CRESCIMENTO DO PINUS E EUCALYPTUS.

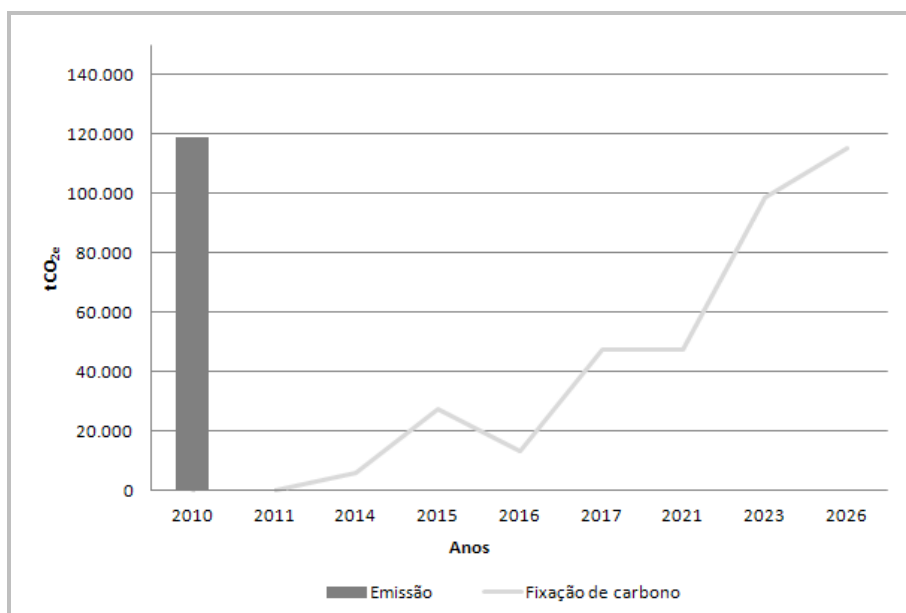


GRÁFICO 6 - RELAÇÃO DE EMISSÃO E FIXAÇÃO DE CARBONO DURANTE O CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS-MATA ATLÂNTICA.

Com a apresentação dos gráficos, é possível observar que a emissão e fixação de carbono estão sempre crescentes. No entanto, a emissão sempre é maior do que a fixação. O GRÁFICO 5 demonstra a relação de fixação e emissão durante os vinte anos de crescimento do *Pinus*. É possível visualizar que a emissão de GEEs referente ao ano de 2010 só será compensada no de 2029, período em que já apresentará uma nova de emissão. No mesmo gráfico é apresentada a compensação por meio do plantio de *Eucalyptus*, onde se observa que a emissão será estabilizada apenas no ano de 2017. Já para as espécies nativas, conforme apresentado no GRÁFICO 6, as emissões serão totalmente compensadas somente no ano de 2026.

Desta forma, a fixação de carbono durante o crescimento compensa apenas a emissão referente ao ano base de 2010. Considerando que uma nova obra seja realizada a cada ano, ao final da compensação de cada cenário florestal, existirá uma nova emissão resultante do somatório ocorrido durante o período de crescimento da floresta. Realizando uma simulação de emissões durante o crescimento das espécies, novas emissões são encontradas. O GRÁFICO 7 permite visualizar a simulação resultante da soma de emissões durante o período de crescimento para cada cenário florestal.

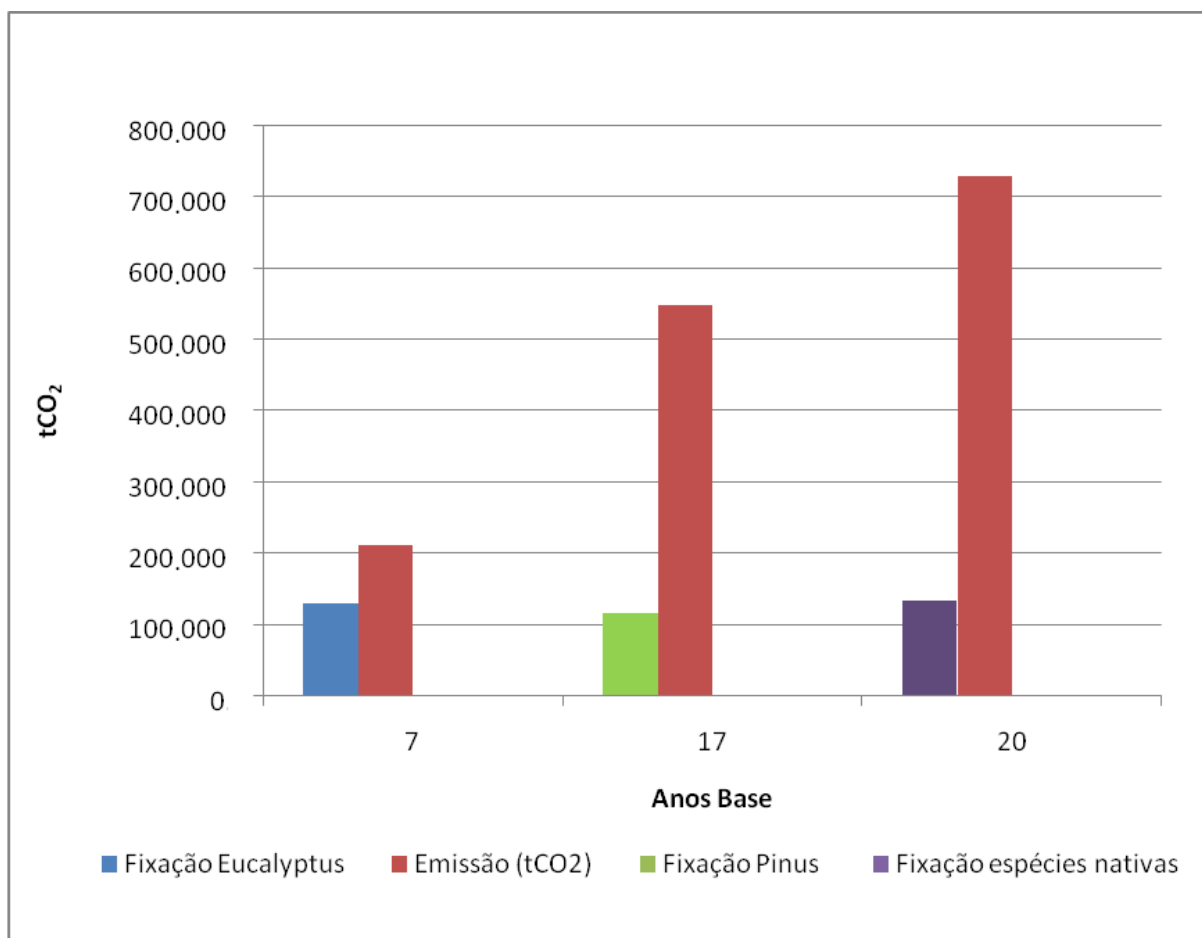


GRÁFICO 7 - SOMATÓRIA DE EMISSÕES DURANTE O PERÍODO DE COMPENSAÇÃO DE EMISSÃO, CONFORME O CENÁRIO FLORESTAL.

Conforme os dados demonstrados pelo gráfico, a emissão é maior do que a compensação durante o período de crescimento das espécies, visto que essa compensação aplica-se apenas ao ano de 2010. E considerando que novas emissões surgirão durante o crescimento das espécies, torna-se imprescindível a plantação de novas espécies ano a ano.

Diante de tal cenário, as empresas devem se preocupar em realizar o inventário florestal da área a ser compensada bem como o seu monitoramento. Em 2009, a empresa Plantar desenvolveu um projeto utilizando a espécie *Eucalyptus* e elaborou o Documento de Concepção para o MDL (Mecanismo de desenvolvimento limpo). Em seu desenvolvimento, foi criada a gestão de produtividade a qual foi implantada para assegurar que os resultados esperados da produção sejam monitorados desde os primeiros meses do plantio por meio de um sistema de

inventário cientificamente planejado. As taxas de sobrevivência das mudas foram monitoradas e, sempre que necessário, há o replantio (DCP-PLANTAR, 2009).

Chang (2002b) aponta que o sequestro de carbono, cujo princípio reside na compensação de um dano já causado, torna-se uma intervenção insuficiente. Segundo a autora, deve-se partir do princípio de precaução ambiental, o qual implica necessariamente a modificação do modo de desenvolvimento da atividade econômica. Assim, uma política ambiental preventiva reclamaria que os recursos naturais estivessem protegidos e utilizados com cuidado, parcimoniosamente.

Chang (2009) aponta que muitas melhorias com relação às emissões se encontram nas áreas urbanas sob o alcance dos gestores municipais. Essas ações promovidas pelos municípios propiciariam múltiplos benefícios, como: indução do uso mais sustentável dos recursos, maior conforto à população e proteção do sistema climático global.

Visando a ações municipais, o Paraná desenvolveu um projeto de carbono - Coopercarbono, o qual concilia a conservação ambiental, a produção econômica e a inclusão social. O Projeto oferece maior destaque aos pequenos produtores, contribuindo na geração de renda destes com a comercialização de madeira, de produtos florestais não madeiráveis e de créditos de carbono. A conservação ecológica do projeto se dá pela recomposição de reservas legais e pela criação de bancos de germoplasma de espécies florestais nativas da região. Este diferencial é, portanto, a principal característica deste projeto de sequestro de carbono (CHANG, SCHAITZA e OLIVEIRA, 2009).

Em geral, o modelo proposto por este estudo propõe que as empresas escolham qual a melhor maneira de se compensar suas emissões, criando estratégias de compensação e redução de emissões, estabelecendo um plano de mitigação das mudanças climáticas, formando metas de cumprimento.

Desta forma, torna-se importante que empresas não utilizem apenas o modelo proposto de compensação, e sim em um conjunto com estratégias de redução e compensação de suas emissões criando uma gestão de carbono.

Tratando-se de estratégias de mitigação de GEEs, empresas do setor de construção civil têm apresentando iniciativas de mitigação. Um exemplo é a empresa Camargo Corrêa, a qual criou seu plano de ação chamado de Plano de Gestão de

Carbono, onde estabelece metas de redução de 21 % até o ano de 2016 e 37 % até 2020. O plano contempla dois anexos: Inventário de emissões e Guia para Gestão de Carbono em Obras (CAMARGO CORRÊA, 2009).

Ainda, a Caixa Econômica Federal lançou o Selo Casa Azul CAIXA, o qual busca reconhecer os projetos de empreendimentos que demonstrem suas contribuições para a redução de impactos ambientais, avaliados a partir de critérios vinculados aos seguintes temas: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais (CAIXA ECONÔMICA, 2010).

Voltados à compensação de emissões na construção civil, foram desenvolvidos dois tipos de certificação: o LEED e o AQUA. Ambos referem-se à certificação de qualidade ambiental visando a construções mais sustentáveis, os chamados prédios verdes.

Partindo destes incentivos de compensação, muito tem sido feito para uma melhoria contínua. Desta maneira, este estudo propõe medidas de combate às mudanças climáticas para o setor de construção civil, partindo de três princípios sequenciais: inventário, redução e compensação de emissões.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente estudo foi possível concluir que:

- A ferramenta customizada da metodologia do GHG *Protocol* é aplicável a todos os tipos de empresas do setor de construção civil, variando de acordo com a delimitação dos escopos.
- O escopo 3 da metodologia do GHG *Protocol* deve ser considerado quando aplicado a empresas do setor de construção civil, devido à sua relevância de emissões para o setor.
- Neste estudo, as maiores emissões de gases de efeito estufa aplicados ao setor de construção civil foram decorrentes dos materiais de construção utilizados da obra, destacando-se as emissões provenientes do cimento.
- A ferramenta em estudo aplicada ao setor de construção civil apresentou-se eficiente devido à sua abrangência de materiais de construção civil contabilizados.
- O resultado de emissões decorrentes dos materiais utilizados na obra apresentou-se acima das médias de inventários encontrados na literatura. Estas diferenças são atribuídas pelas pesquisas não contemplarem todos os materiais utilizados na obra e o mesmo modelo de edificação.
- Com o modelo proposto de compensação de emissões, é possível encontrar o número de mudas e a área demandada para se fixar determinadas emissões;
- Com o modelo de quantificação de emissões foi possível perceber a importância de a empresa coletar os dados necessários para se desenvolver o inventário de emissões anualmente, adquirindo assim um banco de dados para a elaboração do inventário para a aplicação na Calculadora de Carbono.
- Embora a utilização de florestas seja uma das formas mais fáceis de compensar as emissões, existem formas de redução de emissões por meio de adequações nos processos produtivos, cabendo a cada empresa pesquisar e avaliar as suas principais fontes de emissão;

- Torna-se importante que empresas não utilizem apenas o modelo proposto de compensação e sim em conjunto com estratégias de redução e compensação de suas emissões, criando uma gestão de carbono;
- Conclui-se que estratégias de redução de emissões partem de três princípios: inventário de emissões, estratégias de redução e compensação.

6 RECOMENDAÇÕES

- Aconselha-se que a ferramenta seja aplicada somente por profissionais com conhecimento e familiaridade nos termos técnicos da engenharia para se evitar o mau uso ou erro em seu uso em razão da não compreensão do vocabulário;
- Com a aplicação da metodologia do GHG *Protocol* no setor de construção civil, foi possível perceber que o escopo 3, o qual é opcional, deve ser incluído como obrigatório para inventários do setor devido às maiores emissões serem provenientes deste escopo quando aplicado à construção civil.
- A compensação de emissões proposta pelo modelo deve ser aplicada todo ano, visto que a compensação por meio de florestas não ocorre de imediato e as emissões não se estabilizam;
- Recomenda-se que os modelos desenvolvidos neste estudo sejam avaliados economicamente;
- A compensação de emissões por meio de fixação de carbono por florestas torna-se viável ambientalmente quando as espécies forem plantadas e monitoradas durante os anos de fixação de carbono para que realmente atinja o seu propósito.

REFERÊNCIAS

ARIAS, M.C.R.F. **Metodologia para Inventário de emissões atmosféricas em municípios de médio e grande porte**. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Engenharia da Infra - estrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2008.

AES Tietê S.A. **Projeto de reflorestamento com espécies nativas nas bordas dos reservatórios da AES Tietê**. v. 2. Ed. 1919. São Paulo, p37. 2008. Disponível em: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2008/12/17/000333038_20081217230600/Rendered/PDF/E19190v20PORTU1ntal0final015Dez2008.pdf>. Acesso em 02/01/2012.

BALBINOT, R. **Implantação de florestas geradoras de créditos de carbono: estudo de viabilidade no sul do Estado do Paraná, Brasil**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

BARRETO, L.V.; FREITAS, A.C.S.; PAIVA, L.C. Sequestro de carbono. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.5, n.7, 2009.

BERTOLANI, F.; NICOLIELO, N.; CHAVES, R. Manejo de *Eucalyptus* sp. para serraria: a experiência da Duratex S.A. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF, 1995.

BESSA, V.M.T. **Contribuição a metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios e escritórios**. 286 f. Tese (Doutorado em Engenharia de construção civil e urbana) – Setor de Ciências Agrárias, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y.; NAVE, A.G.; GANDARA, A.G.; BARBOSA, L.M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.455-470, 2010.

BRANDÃO, E.J.; SOBRAL, L.G.S.; SALLES, A.C.N.; BRAGA, S.M. Neutralização de emissão de gases de efeito estufa: um indicador de desenvolvimento sustentável nas responsabilidades socioambiental empresarial e individual. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 35p.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima, **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 2010. Brasília. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em 15/12/2011.

BRASIL, G.H.; SOUZA JUNIOR, P.A.; CARVALHO JUNIOR, J.A. Inventários corporativos de gases de efeito estufa: métodos e usos. **Revista Sistema & Gestão**, Niterói, v.3, n. 1, p.15-26, 2008.

BRASIL. Decreto - lei n. 97.632 de 10 de abril de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p.01, 10 abr.1989. Seção 1, pt. 1.

BRASIL. Lei 9.985 de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Seção 1.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - Resolução n. 307 de 5 de julho de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jul. 2002. Seção 1, p 95-96.

BRASIL, Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em Saúde, **Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS/OMS**. Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil, Brasília, 40 p. 2008.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, **Fatores de emissão de CO₂ pela energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil**, 2011. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>>. Acesso em: 17/01/2012.

BROWN, I.F.; ALECHANDRE, A.S. Conceitos básicos sobre o clima, carbono, florestas e comunidades. In: As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia , p 51-58, 2000.

BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul**. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

BOINA, A. **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em floresta estacional semidecidual, vale do Rio Doce**. 98 f. Dissertação (Mestrado em *Magister Scientiae*) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.

BUENO, M.S.; As mudanças climáticas e o setor da construção civil brasileiro. Universidade de São Paulo (FEA–USP). 20p. 2009. Disponível em: <http://www.nesa.org.br/pdf/Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas_Fapesp/Projeto_Matheus%20de%20Souza%20Bueno.pdf>. Acesso em: 10/12/2011.

BURNETT, J. Forestry Commission Scotland Greenhouse Gas Emissions Comparison Carbon Benefits of Timber in Construction. ECCM Report 196 - A report by the Edinburgh Centre for Carbon Management Ltd. 26p. 2006. Disponível em: <[http://www.forestry.gov.uk/pdf/Carbonbenefitsoftimberinconstruction.pdf/\\$FILE/Carbonbenefitsoftimberinconstruction.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/Carbonbenefitsoftimberinconstruction.pdf/$FILE/Carbonbenefitsoftimberinconstruction.pdf)>. Acesso em: 12/12/2011.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 204p. 2010.

CAMARGO CORRÊA. Gestão de Carbono - Experiências na elaboração de inventários de GEE e boas práticas no setor da construção civil. 2011. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/eventos/2011/reuniao_ghq/03.pdf>. Acesso em 12/12/2011.

CASAGRANDE JR, E. F., Inovação Tecnológica e Sustentabilidade: Possíveis Ferramentas para uma Necessária Interface. **Revista Educação & Tecnologia**, Curitiba, v. 8, n.2, 2004.

CEBDS - CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Roteiro básico para a elaboração de um projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL**. Rio de Janeiro, 2002. 52 p.

CENAMO, M. C. **Mudanças climáticas, o protocolo de Kyoto e mercado de carbono**, CEPEA/ESALQ – Universidade de São Paulo, 2004.

CEZARINI NETO, C. **Modelo de compensação de CO₂ para empresas poluidoras do ar: um estudo de caso no Vale do Itapocu, região norte de Santa Catarina**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da produção) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CHANG, M. Y. Caracterização e tipologia dos projetos de sequestro de carbono no Brasil. **As Florestas e o carbono**. In: SANQUETTA, R. C.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F.S. As florestas e o carbono. Curitiba. Imprensa Universitária da UFPR. 2002a. p. 59-88.

CHANG, M. Y. Sequestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 102, p. 85-101, 2002b.

CHANG, M. Y. Sequestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. In: SANQUETTA, R. C.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisa**. Curitiba: AM Impressos, 2004. p. 15-37.

CHANG, M.Y. Mudanças climáticas e ações municipais. In: ZILIOOTTO, M. A. B. **Mudanças Climáticas, Sequestro e Mercado de Carbono no Brasil**. Curitiba: AM Impressos, 2009. p. 149-161.

CHANG, M.Y.; SCHAITZA, E.; OLIVEIRA, E. COOPERCARBONO - Cooperativa de produtores familiares de Carbono do Paraná: um serviço ambiental do carbono In: ZILIOOTTO, M. A. B. **Mudanças Climáticas, Sequestro e Mercado de Carbono no Brasil**. Curitiba: AM Impressos, 2009. p. 163-179.

COELHO, G.J.; QUALARINI, E.L. **Neutralização dos Gases de Efeito Estufa Das atividades de um departamento administrativo de engenharia**. In: CONGRESSO NACIONAL EM EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 6., 2010, Niterói – RJ. **Anais...** Niterói: 2010, p. 1 – 18.

CONVENÇÃO DO CLIMA. **Convenção sobre a Mudança do Clima. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima**. Unidade de Informações sobre Mudanças do Clima (PNUMA) (IUC), secretariado Permanente da Convenção. Ministério da Ciência e Tecnologia com apoio do Ministério das Relações exteriores da República Federativa do Brasil. 1995.

CORTE, A.D. **Metodologia para detecção de mudanças em projetos de redução de emissões do desmatamento e da degradação florestal (REDD)**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CORTE, A.D.; SANQUETTA, C.R. Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamento de *Pinus* na área de domínio da Floresta Ombrófila Mista no Paraná. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 32-39, 2007.

CRESTANA, M.S.M. *et al.* Florestas – Sistemas de Recuperação com Essências nativas, produção de mudas e legislações. Ed 2. Campinas: 2006.

DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E SOCIOENÔMICOS. **Estudo setorial da construção**. n. 56. 2011. Disponível em:<<http://www.dieese.org.br/esp/estPesq56ConstrucaoCivil.pdf>>. Acesso em: 15/12/2011.

DEFRA. **Guidelines to Defra's GHG conversion factors: methodology paper for transport emission factors**, 2010. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/passenger-transport.pdf>>. Acesso em: 20/10/2011.

DEFRA. **DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting**. 2009. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/20090928-guidelines-ghg-conversion-factors.pdf>>. Acesso em: 20/10/2011.

EPA – Environment Protection Agency. **Solid Waste Management and Greenhouse Gases – A Life-cycle assessment of emissions and sinks**. 2008. Disponível em: <<http://epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/landfilling-chapter10-28-10.pdf>>. Acesso em: 05/12/2011.

FIEMG - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Guia de sustentabilidade da construção**. Siduscon-Mg. Belo Horizonte. 60p. 2008.

FREITAS, I.M. **Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Setor de Ciências agrárias, Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, 2009.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Processo AQUA: construção sustentável.2012. Disponível em: < http://www.vanzolini.org.br/hotsite-77.asp?cod_site=77>. Acesso em 15/01/2012.

GVCES - CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Guia para elaboração de relatórios corporativos de emissões de gases de efeito estufa (GEE)**. Programa Brasileiro de GHG *Protocol*. 24p. 2009.

GHG *Protocol*. São Paulo, FGV, 2009, 22 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/geesp/file/docs/ghg/ghg1.pdf>>. Acesso: 10/10/2011.

GHG Protocolo, **GHG Protocol Corporate Standard**, Volume 2, 2003. Disponível em:<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/ghg_project_protocol.pdf>. Acesso em: 03/04/2011.

GRIGOLETTI, G.C.; SATTTLER, M.A. Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 19-32, 2003.

HENRIQUE JUNIOR, M.F. **Potencial de redução de emissão de gases de efeito estufa pelo uso de energia no setor industrial brasileiro**. 340 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Setor de Ciências Agrárias, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

HENDRICKSON,C.; HORVATH,A. Resource use and environmental emissions of U.S. construction sectors. **Journal of construction engineering and management**. jan- fev 2000. p 38-44.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRACO, F.M.M. Mini Dicionário Houaiss da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Organization**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>>. Acesso em: 10/11/2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 14040**: Environmental management - life cycle assessment - principles and framework. Geneva, Switzerland, 2006.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. 1996.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. 2006.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory. **Vol. 1 General Guidance and Reporting**. 2006a. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>>. Acesso em: 03/03/2011.

IPCC - IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory. **Vol. 5 Waste**. 2006b. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>>. Acesso em: 03/03/2011.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, **Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing**, 2007. Disponível em: <[http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report /AR4WG1 _Print _ Ch02.pdf](http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_Ch02.pdf).> Acesso em: 03/03/2011.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, **Indicators of the human influence on the atmosphere**. Climate Change 2001 – Synthesis Report, 2001. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/graphics/2001syrlarge/02.01.jpg>.>. Acesso em: 03/03/2011.

KRUG, T. O papel das atividades de projeto de florestamento e reflorestamento no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na fixação de CO₂ atmosférico. In: SANQUETTA, R. C.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. **Fixação de Carbono: atualidades, projetos e pesquisa**. Curitiba: AM Impressos, 2004. p. 55-62.

JOSA, A.; AGUADO, A.; HEINO, A.; BYARS, E.; CARDIM, A. Comparative analysis of available life cycle inventories of cement in the EU. **Cement and Concrete Research**, n 34, p. 1313-1320, 2004.

LEE, Y.S.; SKIBNIEWSKI, M.J; JANG, W.O. Monitoring and management of greenhouse gas emissions from construction equipment using wireless sensors. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION**, 2009, Austin - Texas. **Anais...** Texas. p. 227-234. 2009.

LOBO, F. H. R. **Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: Estudo de caso no Estado do Paraná**. 132 f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LOBO, F.H.R.; SANTOS, A.P.L.; TAVARES, S.F. Ferramentas de planejamento para levantamento de Inventário de emissão de CO₂: estudo de caso. **Revista**

Iberoamericana de Engenharia Industrial. v. 2, n. 2, p. 26 - 43, Florianópolis, SC, 2010.

MCKINSEY e COMPANY. Caminhos para uma baixa emissão de carbono no Brasil. São Paulo. 46p. 2009. Disponível em: <http://www.mckinsey.com.br/sao_paulo/carbono.pdf>. Acesso em: 12/12/2011.

MARCOS, M.H.C.; **Análise da emissão de CO₂ na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta CAD-BIM**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MARENCO, J.A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2 ed, 212 p.

MARTINS, S. V.; DIAS, H. C. T. Importância das florestas para a quantidade e qualidade da água. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa/MG, v. 20, p. 14-16, 2001.

MARTINS, S.V.; Recuperação de áreas de degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes e de mineração. Viçosa: **Aprenda Fácil**, p 270, 2009.

MARQUES, M.; ELEN, G. A humanização da educação ambiental como ferramenta para mitigar os gases de efeito estufa. In: SANQUETTA, R. C.; ZILLOTTO, M. A. B. **Carbono: ciência e mercado global**. Curitiba: AM Impressos, 2004. p. 146-167.

MAY, P.H.; BOHRER, C.B.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J.C.L.; LANDI, M.P.M.; CAMPAGNANI, S.; OLIVEIRA NETO, S.N.; VINHA, V.G. Sistemas Agroflorestais e Reflorestamento para Captura de Carbono e Geração de Renda. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/mesa2/Sistemas%20Agroflorestais_e_Carbono.pdf>. Acesso em: 15/07/2011.

MELLO, A.A.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C.R. Simulações do conteúdo de carbono em povoamentos de *Pinus taeda* L. no sul do Estado do Paraná, sob diferentes regimes de manejo. **Brasil Florestal**, Brasília, v.23, n. 79, 2004.

MIRANDA, D.L.C. **Modelos Matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

NETTO, S.P.; KAUANO, E.E.; CORAIOLA, M.; WEBER, S.H.; ERDELY, S. Estimativa do potencial de neutralização de dióxido de carbono no programa VIVAT Neutra carbono em Tijucas do Sul, Agudos do Sul e São José dos Pinhais, PR. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, n.2, p.293-306, 2008.

NUTO, L.; WATZLAWICK, L.F.; GRAMMEL, R.; FENNER, P.T. O Mercado internacional de CO₂: Impacto das florestas naturais e plantações. In: SANQUETTA, R. C.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F.S. **As florestas e o carbono**. Curitiba. Imprensa Universitária da UFPR. 2002. p. 89-108.

OLIVEIRA, E.B.; RIBASKI, J.; ZANETTI, E.A.; PENTEADO JUNIOR, J.F. Produção, Carbono e Rentabilidade Econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.57, p.45-56, 2008.

OLIVEIRA, E.B. Softwares para manejo e análises econômica de plantações florestais. Colombo: EMBRAPA FLORESTAS, 2011.

PAIXÃO, F.A. *et al.* Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p. 41-420, 2006.

PNUMA – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. Rumo a economia verde: Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza. 32p. 2011. Disponível em: <http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER_synthesis_pt.pdf>. Acesso em: 15/12/2011.

PROGRAMA GEI MEXICO, **Acerca del programa**. Disponível em: <<http://www.geimexico.org/acerca.html>>. Acesso em: 20/09/2011.

PROTOCOLO DE QUIOTO. **Protocolo de Quioto. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações exteriores da República Federativa do Brasil. 1997. 29p.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, **O que é**. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?page=Conteudo&id=5>>. Acesso em: 20/08/2011.

RADIAN INTERNATIONAL. México Emissions Inventory Program Manuals. Vol VIII– Modeling Inventory Development, 114p. 2000. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/modeldev.pdf>>. Acesso em: 10/10/2011.

RAMSEUR, J.L. The Role of Offsets in a Greenhouse Gas Emissions Cap-and-Trade Program: Potential Benefits and Concerns. **CRS Report for Congress**. 39p. 2008.

RENNER, R. M. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

RESENDE, A.S. SANTOS, A.O.; GODIM, A.; COELHO, C.H.M.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URGUAGA, S. **Efeito estufa e o sequestro de carbono em sistemas de cultivo Com espécies florestais e na cultura de cana - de - açúcar**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2001. 23p.

ROCHA, M.T. Estoque O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, R. C.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F.S. **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR. 2002. p. 1-34.

SANTANA, R.C. BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.; COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, número especial, p. 2723-2733, 2008.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Metodologia para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, R. C.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de Carbono: atualidades, projetos e pesquisa**. Curitiba: UFPR/ Laboratório de Inventário Florestal: Instituto Ecoplan: PELD, 2004. p. 77- 94.

SFB – SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, Sistema Nacional de Informações Florestais.<<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em: 10/01/2012.

SIDUSCON – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: A experiência do Siduscon – Sp. São Paulo. 48p. 2005. Disponível em:<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 10/01/2012.

SOARES, J.B. **Potencial de conservação de energia e de mitigação das emissões de gases de efeito estufa para a indústria brasileira de cimento portland até 2015**. 163 f. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro, 1998.

STACHERA, T. JR. **Avaliação de Emissões de CO₂ na Construção Civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná.** 176 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Setor de Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

STACHERA JR, T.; CASAGRANDE JR, E.F. Desenvolvimento e a aceleração do crescimento de emissões de CO₂ no Brasil: cenário de um projeto do PAC no Paraná. In: **TENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES NOCMAT**, 2008 Cali, Colômbia. **Anais...** Colômbia, 2008.

STERK, W.; BUNSE, M. **Voluntary Compensation of Greenhouse Gas Emissions.** Policy Paper. n. 3, Wuppertal Institute for Climate, Environment, and Energy website, 2004. Disponível em: < www.wupperinst.org/download/1078-compensation.pdf>. Acesso em: 02/01/2012.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energética de edificações residências brasileiras.** 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TSUKAMOTO FILHO, A.A.; COUTO, L.; NEVES, J.C.L; PASSO, C.M.; RIBEIRO, C.A.A.S.; SILVA, M.L.; MULLER, M.D. Fixação de carbono e produção de biomassa em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. **Documento Técnico Renabio** n.001, Viçosa - MG: RENABIO, 86 p. 2006.

TRUIT, P. **Pontential for reducing greehouse gas emissions in the construction sector.** Sector Strategies. p.49. 2009.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. Avaliação de Políticas Públicas para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa em Edificações.

Relatório PNUMA – Iniciativa para Edificações e Construções Sustentáveis. Universidade da Europa Central, Budapeste, 106p. 2007.

WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C.R.; SCHUMACHER, M.V. Fixação de carbono em florestas ombrófilas mista em diferentes estágios de regeneração. **As Florestas e o carbono**. In: SANQUETTA, R. C.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F.S. As florestas e o carbono. Curitiba. Imprensa Universitária da UFPR. 2002a. p. 153-173.

WINK, C. **Estoque de carbono em plantações de *Eucalyptus* sp. implantados em campo nativo**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal De Santa Maria. Santa Maria-RS, 2009.

WRI; WBCSD; GHG Protocol. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. 44 p. 2011. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>>. Acesso em: 10/12/2011.

ZAMMATARO, S. Monitoring and assessing greenhouse gas emissions from road Construction activities: the irf GHG calculator. **International road federation**, 7p. 2010. Disponível em: <http://www.irfnet.org/files-upload/pdf-files/CHANGER_Article_May2010.pdf>. Acesso em: 12/01/2012.

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE I – LISTA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL COM AS QUANTIDADES E EMISSÕES DE GEES (tCO_{2e}).

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	TOTAL CO ₂ EQ
INSTALAÇÕES PRELIMINARES			
Tapume chapa compres 12 mm h= 2,20 m	Metro	321,55	520,91
Portão chapa compres 12 mm 2,20 x 3,00 m	Unidade	2,00	19,10
Depósito de obra A=10m ² sem piso	gb	1,00	87,95
Barracão obra c/escritório 7,26m ² , depósito 10m ²	gb	1,00	199,12
Entrada energia prov. trifásico 70A poste eucalipto 9,5m	Conjunto	1,00	248,09
Ponto de água provisório sem medidor	Conjunto	1,00	3,50
Andaime madeira pinho 2ªconstr.p/alv. e rev. int/ext	Metros	40,00	48,40
Placa obra 4,00 x 2,00m chapa galvanizada. pint.c/tinta automotiva.	gb	1,00	18,82
Locação de obra	m ²	5.578,58	223,14
MOVIMENTO DE TERRA			
Aterro de valas c/retro escavadeira, incluindo a compactação	m ³	1,30	0,55
PREPARO DE CONCRETO			
Concreto estrutural usinado Fck= 25,0MPA	m ³	784,50	816.429,15
Concreto estrutural usinado Fck= 30,0MPA	m ³	11.718,05	12.194.974,64
Conc.estr.c/betoneira controle tipo"A" Fck=18,0MPA	m ³	1.486,00	968.173,58
FUNDAÇÕES			
Estaca esc.Ø30cm até 8m - 15MPA, c/ret -cap. 30tf	Metro	1.128,00	54.290,64
Coroamento de estaca escavada de Ø 30cm	Metro	188,00	1.447,60
Emenda estaca pré moldada 30x30cm c/ luva aço	Unidade	564,00	1.308,48
FORMAS DE MADEIRA PARA CONCRETO ESTRUTURAL			
Forma pinho 3ªconstr p/viga bald. - reap 2x	m ²	203,77	548,14
Forma pinho 3ªconstr p/bloco fundido - reap 2x	m ²	188,00	686,20
ARMADURAS			
Armadura CA-50 e CA-60	Kg	619.777,07	1.778.760,19

LAJES PRÉ-MOLDADAS			
Laje pré moldada forro treliça, e= 8cm, capa 4cm, sc=0, 1t/m ²	m ²	36.982,04	6.681.545,17
ALVENARIA			
Bloco de concreto vedação 19 x 19 x 39	Unidade	85.469,00	355.551,04
ESQUADRIAS			
Pta chapa aço 26 estrut. perfil 3/8"x1/2" - 70X210cm	Unidade	24,00	1.100,16
Fechadura INT, espelho oval/maçta.franc inox, tipo B	Unidade	3,00	2,61
Fechadura EXT, espelho oval/maçta.franc inox, tipo B	Unidade	21,00	18,27
Brise-soleil em alumínio	m ²	1.147,50	120.843,23
IMPERMEABILIZAÇÃO			
Impermeabilização viga baldrame (1 vez) c/ manta 3mm	m	679,22	40.950,17
Impermeabilização "A" pé 30 cm p/lj.mça. manta 3mm/tela/ebço	m	497,66	3.339,30
Impermeabilização "A" lj.mça.manta 3mm/isolante térmico.	m ²	5.718,00	470.591,40
Regul.c/argila/ cimento/ areia 1:4+10% emuls adesiva,e=2cm	m ²	5.718,00	81.538,68
P.mec.c/argila/ Cimento /areia 1:4+10% emuls adesiva,e=4cm	m ²	5.718,00	318.435,42
ESTRUTURA DE MADEIRA PARA COBERTURA			
Estrutura de madeira tesoura p/telha cer/conc,vão 7,5 a 10,0m	m ²	5.793,90	11.066,35
COBERTURA DE FIBROCIMENTO E ACESSÓRIOS			
Cobertura c/telha FC ondulada.6mm com Inclinação 10° (18%)	m ²	5.793,90	26.014,61
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM CHAPA GALVANIZADA			
Calha platibanda chapa f°g° n°26, corte 35cm	Metro	497,66	1.826,41
ARGAMASSAS			
Preparo argila pré-fabricada p/ reboco	kg	10.000,00	0,00
Preparo de areia seca peneirada	m ³	445,00	3.462,10
Preparo argila mista 1:3 + 50Kg de cimento/m ³ c/ beton.	m ³	187,00	22.101,53
Preparo de cimento colante	Kg	55.500,00	88.245,00
Preparo de cimento colante	m ³	55.501,00	94.406.090,98
REVESTIMENTO DE PAREDES			
Massa acrílico.2 mão par. ext./int. sobre rev. novo	m ²	4.467,79	6.031,52
Pintura látex acrílico .1ª 3dmão par. int/ext	m ²	4.467,79	5.942,16

REVESTIMENTO DE FORROS E ACESSÓRIOS			
Massa PVA 2dmão em laje sobre rev. novo	m ²	36.982,10	6.656,78
Repintura látex PVA 1ª 2dmão em laje	m ²	36.982,10	35.133,00
REVESTIMENTO DE PISOS E ACESSÓRIOS			
Limpeza substrato p/ aplicação argamassa regular.	m ²	36.982,10	369,82
Piso cimentado, impermeabilizado, queimado	m ²	36.982,10	380.175,99
Látex acrílico 2dmão em cimento rústico	m ²	36.982,10	22.189,26
VIDROS			
Vidro transparente 6mm	m ²	577,76	8.290,86
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS			
Bucha e arruela para eletroduto Ø40mm	Peça	376.000,00	7.520,00
Adaptador soldado flanges/anel vedação p/cx d'água ,PVC marr. 25mm	Peça	2,00	0,10
Adaptador soldado flanges/anel vedação p/cx d'água,PVC marr. 20mm	Peça	1,00	0,05
Adaptador soldado c/flanges livre p/cx d'água, PVC marrom 110mm	Peça	38,00	1,90
Adaptador longo soldado c/flanges liv.p/cx d'água, PVC marrom. 50mm	Peça	21,00	1,47
Adaptador longo soldado c/flanges.liv.p/cx d'água,PVC marrom.60mm	Peça	6,00	0,54
Adaptador longo soldado flanges liv.p/cx d'água,PVC marrom.75mm	Peça	20,00	2,40
Adaptador soldável p/registro curto marrom 25mm	Peça	50,00	2,50
Adaptador soldável p/registro curto marrom 32mm	Peça	14,00	0,84
Adaptador soldável p/registro curto marrom 60mm	Peça	17,00	1,53
Adaptador soldável p/registro curto marrom 50mm	Peça	69,00	4,83
Subst.eletroduto PVC Ø 25mm c/abert./fech.reboco	Metro	1.110,00	6.438,00
Subst.eletroduto PVC Ø110mm c/abert./fech.reboco	metro	193,00	1.673,31
Subst.eletroduto PVC Ø 20mm c/abert./fech.reboco	metro	1.975,00	10.349,00
Subst.eletroduto PVC Ø 50mm c/abert./fech.reboco	metro	600,00	4.482,00
Subst.eletroduto PVC Ø 60mm c/abert./fech.reboco	metro	4,00	31,44
Subst.interruptor 1TS 10A/250V c/placa fech.	unidade	17,00	1,70
Subst.interruptor 2TS 10A/250V c/placa fech.	unidade	2,00	0,20
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 110mm (4")	Peça	7,00	2,31
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 50mm (1 1/2")	Peça	15,00	4,05
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 75mm (2 1/2")	Peça	97,00	31,04
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 40mm (1 1/4")	Peça	5,00	1,30
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 60mm (2")	Peça	3,00	0,87
Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 40mm (1 1/4")	Peça	14,00	3,64

Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 50mm (1 1/2")	Peça	78,00	21,06
Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 60mm (2")	Peça	25,00	7,25
Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 25mm (3/4")	Peça	22,00	5,28
Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 32mm (1")	Peça	8,00	2,08
Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 75mm (2 1/2")	Peça	98,00	31,36
Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 85mm (3")	Peça	2,00	0,66
Joelho 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø110mm (4")	Peça	18,00	4,50
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 85mm (3")	Peça	1,00	0,33
Luva PVC rígido, soldável marrom, Ø25mm (3/4")	Peça	25,00	6,50
Luva PVC rígido, soldável, marrom, Ø32mm (1")	Peça	25,00	6,75
Luva PVC rígido, soldável, marrom, Ø40mm (1 1/4")	Peça	5,00	1,45
Luva PVC rígido, soldável, marrom, Ø50mm (1 1/2")	Peça	20,00	6,20
Luva PVC rígido, soldável, marrom, Ø60mm (2")	Peça	32,00	10,56
Luva PVC rígido, soldável, marrom, Ø85mm (3")	Peça	10,00	4,20
Luva PVC rígido, soldável, marrom, Ø110mm (4")	Peça	40,00	10,80
Válvula de retenção pé de crivo 50mm (2")	Peça	2,00	0,82
Subst. caibro Pinho 1ª 3x3" - ret/recoloc cob. FBC	Metro	4.372,00	786,96
Bucha red. longa PVC rígido, soldável, marrom Ø110x60mm	Peça	2,00	0,60
Bucha red. longa PVC rígido, soldável, marrom Ø110x75mm	Peça	1,00	0,33
Bucha red. longa PVC rígido, soldável, marrom Ø60x25mm	Peça	4,00	1,16
Bucha red. longa PVC rígido, soldável, marrom Ø60x40mm	Peça	1,00	0,31
Bucha red. longa PVC rígido, soldável, marrom Ø60x50mm	Peça	7,00	2,24
Base de brita graduada	m³	118,00	0,00
Subst. de cx. de descarga suspensa	Conjunto	2,00	3,88
Cabo cobre número 35mm² isoladores fix estrut. Coberta	Metro	30,00	283,50
Cabo cobre número 50mm² isoladores fix.estrut. coberta	Metro	800,00	10.792,00
Cabo cobre número 95mm² isoladores fix.estrut. coberta.	Metro	10,00	256,30
Aterram. c/haste Cobre 6,3mmx2400mm	Conjunto	1,00	4,12
Aterram. c/haste Cobre 9,8mmx2400mm	Conjunto	1,00	9,20
Aterram. c/haste Cobre 16,0mmx3000mm	Conjunto	1,00	13,56
Aterram. c/haste Cobre 16,0mmx2400mm	Conjunto	28,00	303,80
Junção simples 45° de ferro fundido, Ø100x100mm	Peça	18,00	0,00
Junção simples 45° de ferro fundido, Ø150x100mm	Peça	4,00	0,00
Joelho 45° de ferro fundido, Ø100mm	Peça	29,00	0,00
Joelho 45° de ferro fundido, Ø150mm	Peça	25,00	0,00
Subst.luminária fluorescente embutir tipo A 2x32W	Conjunto	140,00	361,20
Subst.luminária fluorescente sobrepôr tipo A 2x32W	Conjunto	2.023,00	5.259,80

Subst.conjunto 1TP/tom. univ. 2pinos c/placa fechamento	Unidade	35,00	3,50
Adaptador soldável p/registro curto marrom 110mm	Peça	50,00	2,50
Adaptador soldável p/registro curto marrom 75mm	Peça	2,00	0,24
Adaptador soldável p/registro curto marrom 85mm	Peça	4,00	0,88
Adaptador soldável p/registro curto marrom 40mm	Peça	14,00	0,84
Caixa pass.alvenaria.c/tp CA,fundo 5cm brita 60x60x 50cm	Unidade	10,00	1.490,30
Caixa pass.alvenaria.c/tp CA,fundo 5cm brita 30x30x 50cm	Unidade	400,00	20.376,00
Ducha elétrica plástica 3000W / 220V	Conjunto	7,00	0,00
Condutele s/tampa, tipo C, Ø32mm(1") rosca BSP	Peça	90,00	81,00
Condutele c/tampa, tipo C, Ø40mm(1 1/4") rosca BSP	Peça	145,00	130,50
Condutele s/tampa, tipo C, Ø25mm(3/4") rosca BSP	Peça	360,00	324,00
Condutele s/tampa, tipo E, Ø32mm (1") rosca BSP	Peça	40,00	36,00
Condutele c/tampa tipo E, Ø40mm(1 1/4") rosca BSP	Peça	95,00	85,50
Condutele s/tampa, tipo E, Ø25mm (3/4") rosca BSP	Peça	210,00	189,00
Condutele c/tampa, tipo LL,Ø32mm (1") rosca BSP	Peça	210,00	189,00
Condutele c/tampa, tipo LL,Ø40mm(1 1/4") rosca BSP	Peça	660,00	594,00
Condutele s/tampa, tipo LL,Ø25mm (3/4") rosca BSP	Peça	415,00	373,50
Condutele c/tampa, tipo LL,Ø75mm(2 1/2") rosca BSP	Peça	2,00	1,80
Curva 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 32mm (1")	Peça	86,00	21,50
Curva 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 60mm (2")	Peça	7,00	1,96
Curva 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 85mm (3")	Peça	6,00	1,98
Curva 90° curta PVC esgoto Ø100mm, c/junta soldável	Peça	2,00	0,94
Curva 90° PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	Unidade	24,00	15,60
Curva 90° curta PVC esgoto Ø100mm, junta elástica	Peça	18,00	9,54
Curva 45° PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	Unidade	15,00	10,50
Curva 45° longa PVC esgoto Ø100mm, c/junta soldável	Peça	25,00	11,75
Curva 45° PVC leve, Ø200mm c/ junta soldada	Unidade	12,00	9,36
Subst. engate plástico flexível Ø1 1/2" p/ lavatório	Peça	9,00	2,07
Fechadura BWC, linha roseta/contemporânea inox, tipo E	Unidade	2,00	1,74
Fechadura EXT, espelho oval/maçta.franc inox, tipo A	Unidade	10,00	8,70
Flange de f°g°, Ø50mm (2')	Peça	70,00	0,00
Caixa alvenaria 50x50x 50cm, fundo CS; tampa CA	Unidade	24,00	2.780,40
Caixa alvenaria 30x30x 50cm, fundo CS; tampa CA	Unidade	20,00	1.399,80
Subst. dobradiças de ferro cromado	Conjunto	3,00	11,91
Conector bronze tipo cabo-chp, p/cabo cobre#35mm ²	Unidade	50,00	2,00
Conector paralelo parafuso, p/cabo cobre #50,0mm ²	Unidade	50,00	3,00
Caixa sifon PVC Ø150x150x50mm c/ tp quad. branca	Peça	23,00	60,26
Caixa sifon. PVC Ø100x100x50mm c/ tp red. branca	Peça	58,00	149,06
Curva 90° para eletroduto de PVC Ø25mm (3/4")	Peça	100,00	17,00
Disjuntor termomagnético bifásico 25A em quadro	Unidade	7,00	7,77
Disjuntor termomagnético trifásico 50A em quadro	Unidade	15,00	33,30

Disjuntor termomagnético bifásico 15A em quadro	Unidade	3,00	3,33
Disjuntor termomagnético bifásico 20A em quadro	Unidade	22,00	24,42
Disjuntor termomagnético trifásico 100A em quadro	Unidade	3,00	8,88
Disjuntor termomagnético monofásico 10A em quadro	Unidade	5,00	2,80
Disjuntor termomagnético monofásico 15A em quadro	Unidade	1,00	0,56
Disjuntor termomagnético trifásico 70A em quadro	Unidade	1,00	2,22
Disjuntor termomagnético trifásico 20A em quadro	Unidade	8,00	17,76
Disjuntor termomagnético trifásico 25A em quadro	Unidade	7,00	15,54
Disjuntor termomagnético trifásico 40A em quadro	Unidade	5,00	11,10
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 50mm (1 1/2")	Peça	1,00	0,27
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 75mm (2 1/2")	Peça	5,00	1,60
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 40mm (1 1/4")	Peça	15,00	3,90
Subst lavatório louça branca c/coluna/fix/ligação	Conjunto	3,00	105,21
Luva dupla PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	Unidade	127,00	88,90
Luva de PVC rígido LR 20 x 1/2"	Peça	2,00	0,50
Luva de PVC rígido LR 32 x 1"	Peça	240,00	62,40
Luva de PVC rígido LR 25 x 3/4"	Peça	800,00	200,00
Luva de correr PVC esgoto Ø 100mm, c/junta soldável	Peça	53,00	24,91
Luva PVC esgoto Ø 50mm, junta elástica	Peça	8,00	3,28
Luva PVC esgoto Ø 75mm, junta elástica	Peça	50,00	23,00
Luva PVC rígido, soldável, marrom, Ø110mm (4")	Peça	1,00	0,27
Impermeabilização parede manta asfáltica 4mm/reg/prot.mec	m²	1.240,00	25.506,80
Redução excêntrica PVC leve, Ø150x100mm c/junta elástica	Unidade	4,00	2,32
Redução excêntrica PVC esgoto Ø100x75mm, c/junta soldável	Peça	10,00	4,30
Redução excêntrica PVC esgoto Ø 75x50mm,c/junta soldável	Peça	2,00	0,70
Redução excêntrica PVC leve, Ø200x150mm c/junta soldável	Unidade	5	3,60
Tubo Concreto. Armado -1, Ø40cm c/rejunt cimento/areia 1:3	Metro	170,00	0,00
Tubo Concreto. Armado -1, Ø60cm c/rejunt cimento/areia 1:3	Metro	336,00	0,00
Tubo PVC leve, Ø200mm c/ junta soldada	Metros	150,00	499,50
Torneira de parede cromada para uso geral	Peça	6,00	4,14
Tomada univ.2 pinos retangular 10A, s/placa fechamento	Unidade	57,00	26,79
Tomada 2P+T 20A,125V,Nema5/20Rm s/placa fechamento.	Unidade	101,00	47,47
Joelho 90° PVC esgoto Ø 75mm, com junta soldável.	Peça	5,00	2,00
Joelho 90° PVC esgoto Ø40mm, junta soldável	Peça	24,00	6,96
Joelho 45° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 40mm (1 1/4")	Peça	15,00	3,90
Joelho 45° PVC leve, Ø200mm c/ junta soldada	Unidade	4,00	3,12

Joelho 45° PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	Unidade	6,00	4,20
Joelho 90° PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	Unidade	25,00	17,50
Tubo de PVC esgoto Ø 100mm, com junta soldável	Metro	456,00	127,68
Tubo de PVC esgoto Ø 150mm, com junta soldável	Metro	290,00	203,00
Tubo de PVC esgoto Ø 75mm, com junta soldável	Metro	234,00	65,52
Tubo de PVC esgoto Ø 50mm, com junta soldável	Metro	60,00	15,00
Subst.tubo de PVC esgoto Ø 40mm	Metro	54,00	173,88
Tubo PCV rígido. soldável, marrom, Ø32mm (1")	Metro	270,00	51,30
Tubo PVC rígido. soldável, marrom, Ø110mm (4")	Metro	435,00	165,30
Tubo PVC rígido. soldável, marrom, Ø25mm (3/4")	Metro	172,00	30,96
Tubo PCV rígido. soldável, marrom, Ø60mm (2")	Metro	600,00	174,00
Tubo PVC rígido. soldável, marrom, Ø50mm (1 1/2")	Metro	198,00	49,50
Tubo PVC rígido. soldável, marrom, Ø75mm (2 1/2")	Metro	6,00	1,92
Tubo PVC rígido. soldável, marrom, Ø40mm (1 1/4")	Metro	42,00	7,98
Tubo PCV rígido. soldável, marrom, Ø85mm (3")	Metro	84,00	29,40
União PVC rígido, soldável, marrom, Ø 32mm (1")	Peça	1,00	0,26
União PVC rígido, soldável, marrom, Ø 60mm (2")	Peça	9,00	2,97
Válvula de retenção vertical de 50mm (2")	Peça	2,00	1,04
Vedação p/saída vaso sanitário PVC esgoto Ø100mm	Peça	5,00	2,10
Registro de gaveta bruto, Ø100mm (4")	Peça	29,00	20,88
Registro de gaveta bruto, Ø50mm (2")	Peça	7,00	3,57
Registro de gaveta bruto, Ø25mm (1")	Peça	1,00	0,40
Registro de gaveta bruto, Ø40mm (1 1/2")	Peça	18,00	8,28
Registro de gaveta bruto, Ø80mm (3")	Peça	4,00	2,64
Registro de pressão com canopla, Ø20mm (3/4")	Peça	10,00	6,70
Aterro compactado mecânico com saibro importado	m³	1.397,00	33.751,52
Sensor de presença c/ fotocélula	Peça	45,00	0,00
Sifão 1 1/2 x2", p/ lavatório	Peça	6,00	6,96
Te 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø110mm (4")	Peça	2,00	0,56
Te 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 50mm (1 1/2")	Peça	18,00	6,12
Te 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø60mm (2")	Peça	12,00	4,56
Te 90° PVC rígido, soldável, marrom, Ø 25mm (3/4")	Peça	8,00	1,92
Te c/inspeção PVC esgoto Ø100x 75mm, c/ junta soldável	Peça	5,00	2,75
Te c/inspeção PVC esgoto Ø100x 75mm, c/ junta soldável	Peça	2,00	1,10
Te red. PVC rígido, soldável, marrom Ø110x60mm	Peça	4,00	1,24
Te red. PVC rígido, soldável, marrom Ø50x25mm	Peça	4,00	1,28
Te red. PVC rígido, soldável, marrom Ø50x32mm	Peça	16,00	5,28
Te red. PVC rígido, soldável, marrom Ø85x60mm	Peça	2,00	0,94
Te sanitário PVC esgoto Ø100x100mm, c/ junta soldável	Peça	5,00	2,95
Te 90° PVC rígido soldável, marrom, Ø 25mm (3/4")	Peça	10,00	2,40
Te sanitário PVC esgoto Ø 75x 75mm, c/ junta soldável	Peça	20,00	9,60

Te sanitário PVC esgoto Ø100x 75mm, c/ junta soldável	Peça	18,00	9,72
Te sanitário PVC esgoto Ø 75x 75mm, c/ junta soldável	Peça	2,00	0,96
Te 90° PVC rígido soldável, marrom, Ø60mm (2")	Peça	10,00	3,80
Te 90° curto PVC leve, Ø150x100mm c/ junta soldada	Unidade	20,00	17,20
Te 90° curto PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	Unidade	1,00	0,93
Te 90° curto PVC leve, Ø200mm c/ junta soldada	Unidade	1,00	0,99
Sistema X Interruptor uma tecla simples 10A 250V	Peça	3,00	0,00
Terminal cobre tipo cabo chapa, p/cabo cobre#120mm ²	Unidade	58,00	5,22
Terminal cobre tipo cabo chapa, p/cabo cobre #25mm ²	Unidade	100,00	3,00
Terminal cobre tipo cabo chapa, p/cabo cobre #35mm ²	Unidade	150,00	4,50
Terminal cobre tipo cabo chapa, p/cabo cobre #50mm ²	Unidade	100,00	3,00
Terminal cobre tipo cabo chapa, p/cabo cobre #10mm ²	Unidade	550,00	16,50
Terminal cobre tipo cabo chapa, p/cabo cobre #95mm ²	Unidade	100,00	6,00
Terminal cobre tipo cabo chapa, p/cabo cobre #70mm ²	Unidade	90,00	5,40
Joelho 90° PVC esgoto Ø100mm, com junta soldável.	Peça	40,00	18,80
Joelho 45° PVC esgoto Ø100mm, com junta soldável.	Peça	5,00	2,35
Tomada 2P+T 16A,250V p/plugue, s/placa fechamento	Unidade	44,00	20,68
Subst.reator 2X32W, 127V, partida rápida	Conjunto	593,00	53,37
Te sanitário PVC esgoto Ø 50x 50mm, c/ junta soldável	Peça	2,00	0,68
Tubo PCV rígido Soldável, marrom, Ø85mm (3")	Metro	30,00	10,50
Tubo PVC esgoto Ø150mm, junta elástica	Metro	30,00	118,20
LIMPEZA			
Limpeza geral da obra	m ²	36.982,10	3.698,21

FONTE: Lobo (2010) adaptado.

APÊNDICE II – SIMULAÇÕES DE ACORDO COM O SISPINUS, PARA OS ESPAÇAMENTOS 2,5 m x 2,5 m, 3 m x 2 m e 3 m x 3 m, RESPECTIVAMENTE.

Idade	Alt. Dominante	Hum. árvores	Diametro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	tCO2
1	0.6	1440	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2
2	2.5	1440	2.2	2.1	0.5	0.5	0.3	2.9
3	4.6	1440	5.4	4.0	3.4	6.0	2.0	8.6
4	6.7	1440	8.5	5.8	8.3	21.6	5.4	22.7
5	8.6	1440	11.1	7.5	14.0	47.5	9.5	45.1
6	10.3	1439	13.3	9.0	20.0	81.3	13.5	74.1
7	11.9	1438	15.1	10.4	25.6	120.4	17.2	107.4
8	13.3	1436	16.6	11.7	30.9	162.8	20.4	143.4
9	14.6	1432	17.8	12.8	35.8	207.0	23.0	180.9
10	15.9	1427	19.0	13.9	40.3	251.0	25.2	210.0
11	17.0	1419	19.9	14.9	44.3	296.3	26.9	256.5
12	18.1	1410	20.8	15.8	47.9	339.8	28.3	293.3
13	19.1	1398	21.6	16.6	51.1	381.7	29.4	328.9
14	20.0	1385	22.3	17.4	54.0	421.8	30.1	362.8
15	20.9	1370	22.9	18.1	56.5	459.8	30.7	395.0
16	21.7	1353	23.5	18.8	58.6	495.4	31.0	425.2
17	22.5	1335	24.0	19.4	60.5	528.7	31.1	453.4
18	23.3	1316	24.5	20.0	62.1	559.5	31.1	479.5
19	24.0	1296	25.0	20.6	63.4	587.9	30.9	503.6
20	24.7	1275	25.4	21.2	64.5	613.9	30.7	525.8

Idade	Alt. Dominante	Hum. árvores	Diametro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	tCO2
1	0.6	1499	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	1.3
2	2.5	1499	2.2	2.0	0.6	0.5	0.3	3.0
3	4.6	1499	5.4	4.0	3.5	6.2	2.1	8.9
4	6.7	1499	8.5	5.8	8.5	22.3	5.6	23.4
5	8.6	1499	11.1	7.5	14.5	48.9	9.8	46.5
6	10.3	1499	13.2	9.0	20.5	83.5	13.9	76.2
7	11.9	1497	15.0	10.4	26.3	123.5	17.6	110.3
8	13.3	1495	16.4	11.7	31.7	166.9	20.9	147.2
9	14.7	1491	17.7	12.8	36.7	212.0	23.6	185.4
10	15.9	1484	18.8	13.9	41.2	257.6	25.8	224.1
11	17.0	1476	19.8	14.9	45.3	302.9	27.5	262.4
12	18.1	1465	20.6	15.8	49.0	347.0	28.9	299.8
13	19.1	1452	21.4	16.6	52.2	389.5	30.0	335.8
14	20.0	1437	22.1	17.4	55.0	430.0	30.7	370.1
15	20.9	1420	22.7	18.1	57.5	468.2	31.2	402.5
16	21.7	1402	23.3	18.8	59.7	504.0	31.5	432.9
17	22.5	1382	23.8	19.4	61.5	537.2	31.6	461.1
18	23.3	1361	24.3	20.0	63.0	568.0	31.6	487.2
19	24.0	1339	24.7	20.6	64.3	596.1	31.4	511.1
20	24.7	1316	25.1	21.1	65.4	621.9	31.1	533.0

Idade	Alt. Dominante	Num. árvores	Diametro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	tCO2
1	0.6	1000	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.9
2	2.5	1000	2.2	2.1	0.4	0.4	0.2	2.0
3	4.6	1000	5.6	4.0	2.4	4.4	1.5	6.1
4	6.6	1000	8.8	5.9	6.1	16.1	4.0	16.6
5	8.5	1000	11.6	7.6	10.6	36.0	7.2	33.8
6	10.2	1000	14.0	9.1	15.3	62.6	10.4	56.5
7	11.8	1000	15.9	10.5	19.9	93.9	13.4	83.0
8	13.2	999	17.6	11.7	24.3	128.2	16.0	112.0
9	14.5	998	19.0	12.9	28.3	164.3	18.3	142.5
10	15.7	996	20.2	14.0	32.1	201.4	20.1	173.8
11	16.9	994	21.3	14.9	35.6	238.7	21.7	205.3
12	17.9	991	22.3	15.8	38.7	275.8	23.0	236.5
13	18.9	987	23.2	16.7	41.7	312.1	24.0	267.2
14	19.8	983	24.0	17.4	44.3	347.5	24.8	297.0
15	20.7	977	24.7	18.2	46.7	381.8	25.5	325.9
16	21.5	971	25.3	18.8	48.9	414.6	25.9	353.6
17	22.3	964	25.9	19.5	50.9	446.0	26.2	380.1
18	23.0	956	26.5	20.1	52.7	475.9	26.4	405.4
19	23.7	948	27.0	20.7	54.2	504.2	26.5	429.3
20	24.4	939	27.5	21.2	55.6	531.0	26.5	451.9

APÊNDICE III – SIMULAÇÕES DE ACORDO COM O SISEUCALYPTUS, PARA OS ESPAÇAMENTOS 2,5 m x 2,5 m, 3 m x 2 m e 3 m x 3 m, RESPECTIVAMENTE.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	tCO2
1	3.4	1440	2.4	2.5	0.7	0.6	0.6	0.6
2	7.6	1439	7.0	5.7	5.5	12.3	6.2	11.6
3	10.9	1437	10.1	8.2	11.5	36.6	12.2	34.5
4	13.5	1431	12.2	10.1	16.8	66.2	16.5	62.3
5	15.6	1422	13.8	11.7	21.3	96.9	19.4	91.2
6	17.3	1410	15.0	13.0	25.0	126.7	21.1	119.3
7	18.8	1396	16.0	14.1	28.1	154.6	22.1	145.6

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	tCO2
1	3.4	1499	2.4	2.5	0.7	0.7	0.7	0.6
2	7.6	1499	7.0	5.7	5.7	12.7	6.4	12.0
3	10.9	1496	10.0	8.2	11.8	37.7	12.6	35.5
4	13.5	1489	12.2	10.1	17.3	68.1	17.0	64.1
5	15.6	1478	13.7	11.7	21.9	99.6	19.9	93.8
6	17.3	1465	15.0	13.0	25.7	130.1	21.7	122.5
7	18.8	1450	15.9	14.1	28.9	158.6	22.7	149.3

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	tCO2
1	3.4	1000	2.4	2.6	0.5	0.5	0.5	0.4
2	7.6	1000	7.2	5.8	4.0	9.1	4.5	8.6
3	10.9	999	10.4	8.3	8.5	27.5	9.2	25.9
4	13.5	998	12.7	10.2	12.6	50.4	12.6	47.4
5	15.6	995	14.4	11.8	16.2	74.5	14.9	70.2
6	17.3	991	15.7	13.1	19.2	98.4	16.4	92.6
7	18.8	986	16.8	14.2	21.8	121.1	17.3	114.0