

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PEDRO AUGUSTO THOMAS

**COMPARATIVO DA EMISSÃO DE CARBONO ENTRE O SISTEMA DE
ALVENARIA CONVENCIONAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA STEEL FRAME
UTILIZANDO AÇO VERDE.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2019

PEDRO AUGUSTO THOMAS

**COMPARATIVO DA EMISSÃO DE CARBONO ENTRE O SISTEMA DE
ALVENARIA CONVENCIONAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA STEEL FRAME
UTILIZANDO AÇO VERDE.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Silmara Dias Feiber

TOLEDO

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 208

COMPARATIVO DA EMISSÃO DE CARBONO ENTRE O SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA STEEL FRAME UTILIZANDO AÇO VERDE.

por

Pedro Augusto Thomas

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 8:20 h do dia **07 de Junho de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Me. Christian Valcir Kniphoff de Oliveira
(UTFPR – TD)

Prof. Dr. Fulvio Feiber
(UTFPR – TD)

Profª Dra. Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Fulvio Feiber
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

*“A minha orientadora Prof. Dra. Silmara Dias Feiber, por todo auxílio, motivação, disponibilidade e atenção, sem a sua orientação nada disso seria possível e também a todos os professores que fizeram parte de minha graduação,
Aos meus pais, Laurêncio Thomas e Vânia Regina Giordani Thomas, meu irmão João Paulo, pelo amor, atenção, paciência e motivação desprendidos.
Aos amigos da universidade, por todo apoio e risadas nos momentos difíceis que passamos durante a graduação.*

Muito Obrigado”

RESUMO

THOMAS, Pedro A. *Comparativo da emissão de carbono de carbono entre o sistema de alvenaria convencional em relação ao sistema steel frame utilizando aço verde*. 2019. 82f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

O presente trabalho consiste em avaliar a emissão de gás carbônico para atmosfera comparando dois sistemas construtivos. O sistema de predominância no país ainda é de alvenaria convencional, com utilização do sistema de concreto armado, porém com intenções de reduzir os efeitos gerados pelo setor, novos meios de construções têm sido avaliados no país, bem como novos materiais estruturais. O sistema *steel frame* utiliza perfis de aço galvanizado em sua estrutura, predominantemente utilizado em países desenvolvidos, enquanto o concreto armado utiliza barras de aço e concreto em sua composição estrutural. O aço verde é um material que tem tido sua divulgação maior nos últimos anos no país, um material de qualidade superior ao convencional e que tem promessas de ser um material com menor impacto ambiental. Com base nessa contextualização, foi realizado a análise do impacto gerado pelos sistemas construtivos e se o aço verde é um elemento de melhor visibilidade ambiental. Em seguida, foi levantado a quantidade de material utilizado na estrutura baldrame e superestrutura, sendo quantificado o dióxido de carbono emitido em cada caso. Como resultado, obteve-se que o sistema *steel frame* possui vantagens sobre o sistema convencional, com menor índice de emissão, e o aço verde realiza a recuperação de parte do carbono que seria emitido pela aplicação do material convencional.

PALAVRAS-CHAVE: *steel frame*, dióxido de carbono, aço verde, estrutural, concreto armado, Protocolo de Kyoto, redução da emissão de gás poluente.

ABSTRACT

THOMAS, Pedro A. *Comparison of the carbon emission of carbon between the conventional masonry system in relation to the Steel Frame system using Aço Verde*. 2019. 82p. Monography (Undergraduate in Civil Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

The present work is to evaluate the emission of carbon dioxide to atmosphere comparing two constructive systems. The system of predominance in the country is still of conventional masonry, using the reinforced concrete system, but with intentions to reduce the effects generated by the sector, new means of constructions have been evaluated in the country, as well as new materials structural. The steel frame system utilizes galvanized steel profiles in its structure, predominantly used in developed countries, while the reinforced concrete used steel bars and concrete in its structural composition. Aço Verde is a material that has had its largest dissemination in recent years in the country, a quality material superior to the conventional and that has promises to be a material with less environmental impact. Based on this contextualization, it was carried out the analysis of the impact generated by the constructive systems and whether Aço Verde is an element of better environmental visibility. Then, the amount of material used in the structure grade beam and superstructure was lifted, being quantified the carbon dioxide emitted in each case. As a result, it was obtained that the steel frame system has advantages over the conventional system, with lower emission index, and the Aço Verde performs the recovery of part of the carbon that would be emitted by the application of the conventional material.

KEY WORDS: steel frame, carbon dioxide, green steel, structural, reinforced concrete, Kyoto Protocol, reduction of emission of polluting gas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema do efeito estufa.....	18
Figura 02 – Consumo de matéria para obtenção de ferro-gusa e aço em 2016.	19
Figura 03 – Gráfico de Oferta de Energia Interna.	20
Figura 04 – Fluxo Simplificado da fabricação do aço.	26
Figura 05 – Mapa de principais empresas de fabricação de aço.	26
Figura 06 – Processo de fabricação do cimento <i>Portland</i>	28
Figura 07 – Organograma da fase incorporada da ACV.	29
Figura 08 – Organograma da fase de uso da ACV.	30
Figura 09 – Organograma da fase de descarte da ACV.	30
Figura 10 – Mecanismo de obtenção de RCEs.	36
Figura 11 – Sistema construtivo de alvenaria convencional; (a) vista (b) corte.....	38
Figura 12 – Sistema construtivo <i>Steel Frame</i> ; (a) vista (b) corte.....	39
Figura 13 – Produção de ferro-gusa conforme o redutor utilizado.	42
Figura 14 – Gráfico da produção de carvão vegetal e lenha.	42
Figura 15 – Comparativo entre Carvão Mineral e Carvão Vegetal.	45
Figura 16 – Aço Verde na fase de lingotamento.	46
Figura 17 – Planta Baixa da edificação de estudo.	48
Figura 18 – Organograma da coleta de dados.	49
Figura 19 – <i>Layout Software Eberick V10</i> com vista tridimensional da estrutura em concreto armado.	53
Figura 20 – Perfis estruturais sistema <i>steel frame</i>	55
Figura 21 – Caderno de montagem dos painéis <i>steel frame</i>	57
Figura 22 – Emissão de CO ₂ por módulos no sistema concreto armado.	60
Figura 23 – Emissão de carbono no concreto armado.....	61
Figura 24 – Emissão de CO ₂ por módulos no sistema <i>steel frame</i>	61
Figura 25 – Emissão de carbono no <i>steel frame</i>	62
Figura 26 – Emissão de CO ₂ por módulos no sistema concreto armado utilizando aço verde.	63
Figura 27 – Emissão de CO ₂ por módulos no sistema <i>steel frame</i> utilizando aço verde.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Total de emissões de CO ₂ dos países Anexo I do Protocolo de Kyoto, em 1990.	35
Tabela 02 – Produção de ferro-gusa conforme o tipo de siderurgia.....	41
Tabela 03 – Consumo de matéria para obtenção de ferro-gusa e aço.	43
Tabela 04 – Emissão de CO ₂ na fase de extração e manufatura.....	50
Tabela 05 – Dimensões das vigas.	52
Tabela 06 – Quantitativo de material viga baldrame sistema concreto armado.	56
Tabela 07 – Quantitativo de material utilizado na superestrutura do sistema concreto armado.	56
Tabela 08 – Quantitativo de material utilizado na baldrame no sistema <i>steel frame</i>	58
Tabela 09 – Quantitativo de material utilizado na superestrutura no sistema <i>steel frame</i>	58
Tabela 10 – Caso 01: Consumo e emissão de CO ₂ sem utilização do aço verde.....	60
Tabela 11 – Caso 02: Consumo e emissão de CO ₂ com utilização de aço verde.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivo Específico	14
2 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL E AS POLÍTICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS	16
2.1 Questão Ambiental	16
2.2 Questão Energética	18
2.3 Acordos Nacionais E Internacionais	20
3 IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
3.1 Extração, Manufatura E Transporte De Materiais	24
3.2 Avaliação do Ciclo De Vida das Edificações (ACV)	28
4 EFEITOS DO CARBONO NO AR	31
4.1 Sequestro de Carbono	32
4.2 MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	33
4.3 Certificados de Carbono e Mercado de Carbono	34
5 ALVENARIA CONVENCIONAL E STEEL FRAME	38
5.1 Alvenaria Convencional: Sistema e Materiais Constituintes	38
5.2 <i>Steel Frame</i> : Sistema e Materiais Constituintes	39
5.2.1 Carvão Vegetal e Carvão Mineral	40
5.2.2 Aço verde	44
6 METODOLOGIA	47
6.1 Caracterização do Objeto de Estudo	47
6.2 Coleta de Dados	49
6.3 Análise de Dados (Comparativo Steel Frame e Alvenaria Convencional) ...	50
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
7.1 Projeto Estrutural – Concreto Armado	52
7.2 Fatores de Conversão	53
7.3 Levantamento de Material	55
7.4 Fator Emissão pelo Transporte	59

7.5 Emissão de CO₂ por Sistema Construtivo	59
8 CONCLUSÃO	65
9 REFERENCIAS.....	66
APÊNDICE A – RESUMO DE MATERIAIS CONCRETO ARMADO	74
APÊNDICE B – TABELA DE EMISSÃO DE CO₂ POR MATERIAL	75
APÊNDICE C – TABELA DE MATERIAL UTILIZADO NO STEEL FRAME	76
APÊNDICE D – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL RESPONSÁVEL PELA EMISSÃO DE CO₂ POR MATERIAIS	77
ANEXO A – PLANTA BAIXA	79
ANEXO B – PLANTA COBERTURA E RESERVATÓRIOS	80
ANEXO C – CORTES	81
ANEXO D – CORTE E FACHADAS	82

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do ambiente urbano por meio da evolução tecnológica é uma das principais características do setor construtivo, com isso, a busca por critérios de sustentabilidade tem sido um dos principais focos de preocupação. Esta inquietação deve-se, em especial, às mudanças climáticas que sendo relatadas por todo o planeta, influenciadas principalmente pelo denominado efeito estufa. Essa problemática impulsionou os avanços no sentido de se buscar alternativas em dimensões que extrapolam os governos locais e passam a ser ações de necessidade planetária. As nações passaram a colocar em suas pautas a necessidade de uma diminuição na emissão de poluentes no ar, em especial o gás carbônico.

Em 1992, no Rio de Janeiro, durante a Conferência das Nações Unidas, a relação entre economia e desenvolvimento sustentável com o meio ambiente, foi imperativa. Segundo (IPCC, 2014) os combustíveis fósseis são responsáveis por 78% de toda emissão de carbono, apontando como um dos agentes de emissões indiretas as construções e setores industriais. Ainda de acordo com IPCC, o aumento do uso do carvão mineral em relação a outras fontes de energia reverteu a tendência de longa data de descarbonização gradual do suprimento mundial de energia.

Em 2010 (IPCC, 2014), o setor de construções acumulou 32% de uso da energia e 8,8 GtCO₂ de emissões, direta e indiretamente. Segundo estudos promovidos pelo IPCC, as emissões tendem a aumentar de 50-150% até o meio do século. Este aumento demanda mudanças no estilo de vida, ao acesso moderno as novas tecnologias e adequados modos de habitação e urbanização.

Silva e Guerra (2009) consideram que o uso de combustíveis de origem fóssil e mineral tem movido grande parte da economia mundial desde os primórdios da industrialização. A energia é um princípio fundamental para o crescimento da população, seja ele social ou econômico, e seu suprimento é uma estratégia fundamental para o contínuo de atividades humanas na sociedade. Portanto, a discussão sobre como minimizar os gastos energéticos bem como políticas governamentais neste sentido passa a ter uma alta relevância nos dias atuais.

Neste contexto as edificações representam uma fatia considerável nas emissões de carbono o que justifica a questão de urgência e importância em investigar

o ciclo de vida do carbono nas construções afim de diminuir a emissão de material poluente, substituindo por materiais e sistemas que propaguem menores emissões em seu processo de manufatura e aplicação na obra.

No Brasil, de acordo com Freitas e Kaneko (2011) o modelo econômico do país, juntamente com o crescimento da população, são as principais fontes emissoras de poluentes. Mas, a redução da utilização do carbono e uma maior matriz energética com fontes renováveis e limpas, são as principais fontes para mitigação de emissões.

O setor industrial de ferro-gusa e aço, tem grande utilização no consumo de energia do país, consumindo aproximadamente 20% de toda energia disponível no Brasil (Brasil, 2017), além de consumir elevadas quantidades de combustíveis não-renováveis em sua produção. As pesquisas revelam uma tendência a partir de 2008 em se alcançar uma redução da utilização de carvão de origem vegetal, devido à crise financeira internacional vivida na época.

Sendo assim, acredita-se que existem alternativas que possam minimizar os gastos energéticos e a busca por investigações a respeito de sistemas e materiais que possam contribuir ao campo da construção civil e, por conseguinte à sociedade global. A busca por alternativas tem sido potencializada por acordos nacionais e internacionais como o Protocolo de Kyoto formulado pela ONU - Organização das Nações Unidas em 1997. O tratado visa ampliar o comprometimento dos países em relação a redução de emissão de gases de causam o efeito estufa. Este protocolo estimula que os países signatários cooperem entre si buscando novos meios sustentáveis de desenvolvimento.

Por meio deste tratado, um dos avanços já alcançados foi o Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável – MDL, e as Reduções Certificadas de Emissões – RCEs, comumente chamadas de “Créditos de Carbono”. Este mecanismo atua no sentido de que poderão ser valor de cessão onerosa a terceiros, geralmente empreendedoras de outros países, principalmente desenvolvidos, que possuam limites na emissão de agentes poluidores, ou redução na emissão dos mesmos, dentro das concessões criadas no Protocolo de Kyoto (FILHO; SABBAG, 2009)

Com isso, percebe-se que às poucas ações que propagam o desenvolvimento sustentável vão sendo definidas e criadas em diversas dimensões. No caso da engenharia civil uma das possibilidades de se contribuir com ações positivas é utilização do ferro-gusa e aço, conhecidos como “aço verde” em sistemas como o *steel*

frame. A racionalização da construção aliada à adoção de materiais de caráter sustentável pode contribuir com a diminuição do efeito estufa, principal agente responsável pelas atuais mudanças climáticas.

Sendo assim, a proposta desta pesquisa busca realizar um estudo comparativo entre o ciclo de vida dos materiais utilizados nos sistemas – *steel frame* e alvenaria convencional – em seus processos de manufatura.

1.1 Justificativa

Vários setores, já atuam como motores para a transformação de suas cadeias de produção, transformando seus produtos e/ou oferecendo serviços, com preocupação em atuar dentro de um desenvolvimento sustentável. Alguns outros, como o setor da engenharia civil, percebe-se uma evolução mais lenta neste sentido. Este fato pode ser avaliado devido à verificação dos métodos construtivos utilizados os quais ainda atuam de forma muitas vezes empírica (COLAÇO, 2008). Ainda de forma artesanal as obras permanecem em grande parte sendo realizadas por meio de métodos tradicionais – alvenaria convencional de tijolo de barro e argamassa de cimento – sem que haja uma busca por novas tecnologias e fontes de inovação.

No entanto, algumas empresas buscam, de forma lenta, incorporar novas técnicas saudáveis em seus projetos, buscando uma forma de alcançar um destaque no âmbito da sustentabilidade. (BAPTISTA Jr; ROMANEL, 2009).

Com o crescente uso mundial de concreto, e conseqüentemente de cimento, muito se discute a respeito de novas práticas a serem adotadas para a diminuição de sua utilização. Esta preocupação surge do processo de manufatura, transporte e aplicação do material que, neste processo ainda propaga grande quantidade de emissões de gás poluente, em especial o CO₂, um dos maiores responsáveis pelo efeito estufa. (PADE; GUIMARÃES, 2007).

A constituição de uma nova estratégia para as problemáticas do setor de construção civil, com a utilização de uma tecnologia mais apropriada deve ser o fundamento inicial para uma nova proposta e crítica ao sistema atual de construção. (MAGALHÃES; SANTOS, 2009).

No Brasil, alguns municípios, como por exemplo o Rio de Janeiro – RJ, já estão começando a implementar práticas para punição de obras que possuam elevados índices de poluição, ao mesmo tempo que, as que obtiverem certificados de que estão de acordo com a sustentabilidade e redução de impactos ambientais, conseguem incentivos fiscais, tais como, redução do valor do IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) e do ITBI (Imposto de Transmissão de Bens Imóveis).

Com isto, este trabalho visa avaliar o método construtivo convencional de alvenaria de tijolos e argamassa de cimento com um método que ainda é uma nova implementação no país denominado de *steel frame*, sendo este com adoção do aço verde.

1.2 Objetivos

A pesquisa teve como objetivo contribuir com a sociedade por meio da investigação de novas tecnologias a serem utilizadas pela comunidade em seus projetos, de modo que haja maior participação para contribuir com a problemática ambiental. E, para sua elaboração propõe como objetivos Geral e Específicos os seguintes pontos:

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar uma estrutura convencional de alvenaria, com uma estrutura em *steel frame* utilizando aço verde em relação à propagação de gás poluente.

1.2.2 Objetivo Específico

Os objetivos específicos deste trabalho, que serviram de base para o alcance do objetivo geral, foram:

- Examinar a problemática ambiental do efeito estufa e mudanças climáticas e as políticas governamentais no âmbito nacional e internacional comprometidas com a questão ambiental;
- Investigar os impactos que a construção civil apresenta para com o meio ambiente com foco no ciclo de vida dos materiais;
- Contextualizar o sequestro e o crédito de Carbono e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL;
- Apresentar os sistemas construtivos – alvenaria convencional e *steel frame* em relação aos seus materiais constituintes;
- Investigar as possíveis vantagens do uso do carvão vegetal de origem de madeira de reflorestamento em relação ao coque de carvão mineral;
- Contextualizar a ideia de “aço verde”;
- Realizar por meio de obra modelo o comparativo da emissão de gás do efeito estufa, em particular o dióxido de carbono, nos ciclos de vida do cimento e aço verde nos sistemas de alvenaria convencional e *steel frame*.

2 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL E AS POLÍTICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Atualmente a problemática ambiental tem gerado novos ideais, principalmente sob a população mais jovem, onde muito se tem evoluído no sentido de propagar novas formas de pensar e agir. A exemplo das ações que envolvem a problemática ambiental a criação de ONG's e associações partidárias com a temática Verde, passaram a ser uma das alternativas de políticas particulares que atuam no âmbito da preservação e conscientização ambiental. No Brasil, porém, houve uma maior movimentação por parte do Ministério Público, tanto em nível estadual quanto nacional, para identificar e autuar os que infringem o código de leis ambientais. Dessa ação, foi criada uma nova demanda, que busca novas tecnologias com desenvolvimento limpo e sustentável. (ZULAUF, 2000)

2.1 Questão Ambiental

O meio ambiente é o principal motivador para mudanças no sentido de menores impactos ambientais. Não é necessário realizar pesquisas abrangentes para perceber que o meio está sendo degradado, que o efeito estufa tende a aumentar seus danos e que a biodiversidade está sendo ameaçada, com algumas espécies em risco de extinção ou mesmo já extintas. Estes fatos ocorrem paralelo à evolução da ciência a qual avança no sentido de alcançar ou dar subsídios à preservação da natureza e a diminuição de riscos à mesma. (ZULAUF, 2000)

Em meio a esta preocupação com o meio ambiente a cadeia produtiva da construção civil atua como um dos mais importantes e mais fortes setores da economia, seja em nível nacional quanto em nível mundial. Com isso, incide em suas intervenções no meio também um forte impacto ambiental. A área da construção civil além de movimentar a economia também age como a principal consumidora de matéria prima advinda de fontes naturais, uma das maiores geradoras de resíduos e consumidora de energia ao extremo. Por afetar o meio de forma significativa colabora

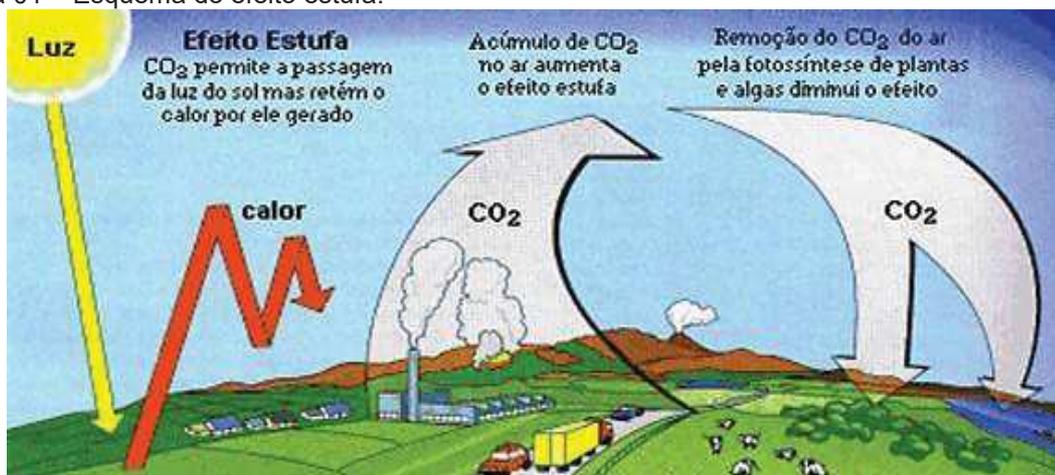
com grande parcela da poluição ambiental favorecendo o aumento do efeito estufa (JOHN, 2000).

Segundo John (2000), não somente o efeito estufa trata de uma preocupação da sociedade atual, mas de forma mais abrangente as mudanças climáticas passaram a ter um papel de destaque nas discussões em âmbito mundial e local. A questão do meio ambiente foi tema de duas grandes conferências que buscaram trazer à tona a preocupação com a sobrevivência humana no planeta. A Conferência de Estocolmo (1972) e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, trouxeram para discussão a necessidade de se buscar mudar o cenário de degradação do meio ambiente, disseminou-se de forma plena o alerta para o papel das nações no controle da poluição e propagação de gás poluente, atores principais das mudanças climáticas.

Porém, mesmo com a preocupação de algumas nações, o crescimento dos grandes centros continuou de forma maiúscula a emitir gases causadores do efeito estufa (GEE), sendo o principal deles o CO₂ (Dióxido de Carbono). Esta liberação de gás carbônico, em especial, compromete a camada de ozônio existente da Terra, causando então os denominados “buracos na camada de ozônio”, agravando as consequências do Efeito Estufa que, em síntese, aumenta de forma exponencial a temperatura da terra. Com isso, o aumento da temperatura terrestre tem causado de diversas formas, variações climáticas prejudiciais a vida no planeta que acarretam o aquecimento global, o aumento dos raios ultravioleta bem como o aumento do nível dos mares. (SANT’ANNA et al., 2007).

Há anos o efeito estufa natural satisfaz as condições ideais do planeta para o desenvolvimento da vida. Esse efeito, acontece pela presença de certos gases na atmosfera, fazendo com que, alguns desses gases permitam que os raios solares penetrem a atmosfera e retenha parte do calor emitido. Desse modo, a temperatura do planeta permanece em níveis adequadas à vida. É um efeito natural, não nocivo, mas que com a intensificação deste efeito, causa um grande impacto ambiental para humanidade (MAY et al., 2003).

Figura 01 – Esquema do efeito estufa.



Fonte: Da Silva et al., 2014.

Neste discurso, além do aquecimento global outras frentes passam a ser igualmente importantes na busca pela sustentabilidade do planeta. A exemplo o uso de carvão vegetal proveniente de matas nativas, problema grave de sustentabilidade social e econômica. Nos últimos 10 anos (SANTOS; HATAKEYAMA, 2012), a utilização das denominadas “florestas plantadas” em relação às florestas nativas não alterou o cenário de maneira positiva no viés ambiental. Conforme indicam as autoras, o número de florestas plantadas cresceu, porém, ainda permanece insuficiente para acompanhar a demanda crescente das siderúrgicas. Sendo assim, a ação humana ainda está carente de uma conscientização planetária que possa promover novas posturas visando o reequilíbrio do ambiente natural e humano.

2.2 Questão Energética

Perante o setor energético, é fundamental que se reduza a energia gasta na produção, no manuseio e aplicação dos materiais utilizados, bem como a substituição por fontes renováveis de energia e limpas. Uma energia é classificada como renovável quando não é possível determinar um fim para a sua utilização, ou escassez da matéria utilizada. As energias renováveis não possuem um fim prévio, como é o caso do petróleo, porém, estas energias possuem uma limitação na sua utilização, pois

ainda não é considerada de fácil acesso à população devido à operacionalidade necessária à sua obtenção. A utilização das energias renováveis em questão não afeta o efeito estufa, portanto contribuem com o planeta e a sociedade (COLAÇO, 2008).

Segundo Minas e Energia (BRASIL, 2017), o balanço energético utilizado para produção de ferro-gusa no país (figura 02), ainda é em maior parte advindo do uso de coque de carvão mineral. O Brasil possui grandes oportunidades para se apropriar destas energias renováveis, a matriz energética no país é limpa, sendo que a maior parte da oferta interna provém de energias renováveis, com 43.5%, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2017^a), esboçados na figura 03.

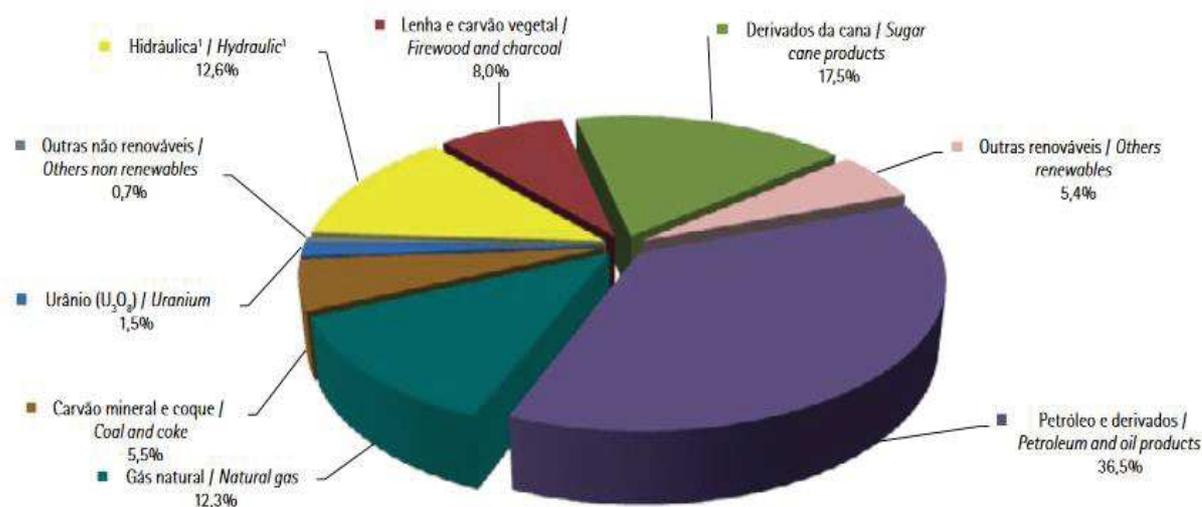
Figura 02 – Consumo de matéria para obtenção de ferro-gusa e aço em 2016.



Fonte: Brasil (2017^a).

Porém, o problema maior encontra-se no setor industrial, ainda muito dependente de combustíveis fósseis (SIMÕES e LA ROVERE, 2008) e, por consequência com grandes emissões de CO₂, como é o caso do setor cimentício e de produção de ferro-gusa focos desta pesquisa (OLIVEIRA et al., 2014).

Figura 03 – Gráfico de Oferta de Energia Interna.



Fonte: Brasil (2017^a).

Estes dois elementos – cimento e ferro – são o foco desta pesquisa e neste sentido o processo produtivo de cada elemento será investigado para se chegar a uma posição perante os sistemas construtivos – alvenaria convencional e steel frame – e seu papel na propagação de posturas saudáveis na construção civil.

2.3 Acordos Nacionais E Internacionais

A fim de reduzir os efeitos causados pela emissão de poluentes, foram criados alguns marcos sociais e políticos, a fim de conscientizar, orientar e legislar sobre as novas políticas ambientais. Como início, a Conferência de Estocolmo, em 1972, organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas), na Suécia, onde seus objetivos foram claros quanto busca por soluções que reduzissem os impactos causados pela degradação ambiental (SANT'ANNA et al., 2007).

Em 1981, no Brasil, foi implementada a Lei 6.938 de 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que coloca novas implementações sobre poluidor-pagador, com cobranças de viés econômico a fim de conscientizar e reduzir a emissão de poluentes e a exploração predatória de bens naturais finitos, além de assegurar a Segurança Nacional, sobre os bens naturais do país. (BRASIL, 1981)

As preocupações no Brasil anteviram o que em 1987 foi discutido no Relatório Bruntland, documento conhecido como Nosso Futuro Comum, resultado do encontro internacional entre nações, que cunhou o conceito de desenvolvimento sustentável intitulado como um direito de futuro internacional. Este conceito traz a ideia de se evitar a escassez de recursos naturais e a perda de qualidade de vida no planeta, utilizando de artifícios sustentáveis dos recursos naturais disponíveis, de forma que assegure a qualidade e quantidade de tais recursos para a atual e futuras gerações (SANT'ANNA et al., 2007).

Assim, diante das preocupações que passaram a ser comum às nações de todo mundo, a Constituição Brasileira de 1988 deu mais um passo importante para a política ambiental do Brasil, já que pela primeira vez, foi dedicado um capítulo inteiro para o assunto (Cap. IV), dentro da Ordem Social, que disciplina sobre as questões ambientais. O artigo 225 da Constituição, rege regulamentos ao Poder Público, para que os seguintes objetivos sejam cumpridos: “[...] meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

Em 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada a Rio 92, a II Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Este evento, também chamado de ECO-92, fez história por propagar desdobramentos do ponto de vista ecológico, social, econômico, político e científico (NOVAES, 1992). A Agenda 21, documento resultante das discussões do evento objetivou, além de outros pontos, colocar as maiores potências mundiais sob reflexão de temas globais, com a consideração de sustentabilidade. As nações, apesar de muitas críticas, caminharam no sentido de absorver as ideias citadas na Convenção, em prol de um mundo melhor para a melhor qualidade de vida. (SANT'ANNA et al., 2007).

Em 1997, 5 anos após a realização da ECO-92, em Kyoto, Japão, é realizada a Conferência sobre Mudança no Clima (conhecida também como RIO +5). O objetivo principal do evento era estabilizar o nível de concentração dos GEE's para níveis dentro de padrões admissíveis, para que não ocorressem mais mudanças climáticas. Aprovado em 11 de dezembro de 1997, o documento conhecido como Protocolo de Kyoto, estabelece a meta da redução de 6% da emissão de GEE's até 2012. O

protocolo, também estabelece diretrizes para a comercialização de cotas (direito de poluir) (LERÍPIO, 2001).

A Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU (CDS), em 2000, sugeriu realização de uma nova Conferência mundial, abordando o tema Desenvolvimento Sustentável. Assim, em dezembro do mesmo ano foi realizado em Johannesburgo, na África do Sul, a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (ARAUJO, 2002).

Os países desenvolvidos, possuem enormes débitos ecológicos e sociais em relação a países ainda em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Responsáveis pela emissão de 70% de três dos principais GEE's (CO₂, CFC e CH₄). Representam aproximadamente um quinto da população mundial e consomem 70% de toda a energia disponível a nível global (BARBIERI, 1996).

Com as premissas do Protocolo de Kyoto, a relação entre meio ambiente e os diversos setores da economia, acabaram progredindo para uma relação sustentável, garantindo desenvolvimento econômico e preservação ambiental (COLAÇO, 2008).

Após dez dias de discussões em Doha, no Catar, entre representantes de 195 países, a 18ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP-18), teve seu fim em 8 de dezembro de 2012, onde foi prorrogado o Protocolo de Kyoto até 2020. Apesar do acordo, Rússia, Japão e Canadá abandonaram o Protocolo: assim, as nações que obedecerão a suas regras são responsáveis por apenas 15% das emissões globais. O Brasil, continua fazendo parte do protocolo como um agente voluntário, com participações em projetos de MDL. A tendência é que o Brasil se encaixe em algum novo acordo mundial sobre o tema, após expirar o Protocolo de Kyoto. Até lá, o país tem metas voluntárias de reduzir suas emissões entre 36,1 a 38,9%, em relação ao que emitia em 1990.

3 IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 23 de janeiro de 1986, a definição de impacto ambiental é:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – A saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – As atividades sociais e econômicas; III – A biota; IV – As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – A qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986)

A construção civil é um agente poluidor conhecido, além de ser um dos setores mais importantes da economia mundial, produz as riquezas de maiores dimensões que estão sobre o planeta, assim, este é o maior consumidor de matéria prima natural. (JOHN, 2000)

Desta forma, a demanda pela busca de novas tecnologias e materiais menos poluentes e de maior eficácia ambiental pelo setor construtivo é de grande importância. A realização de planos para a redução dos impactos ambientais causados pela problemática é uma estratégia para a mitigação dos danos ambientais sofridos atualmente. (ARAUJO,2002)

Segundo o IPCC (2014), as emissões de GEE causados por construções dobrou desde a década de 70. Hoje as emissões do setor representam aproximadamente 19% do total, incluindo dentre estas as diretas e indiretas, como por exemplo, o uso de energia elétrica para construção e sua vida útil. Até a década de 2050, os estudos realizados para a pesquisa, indicam que a projeção para emissões de GtCO₂ por ano, aumente de 8.8 GtCO₂/Ano, para uma média de 15 GtCO₂/Ano.

A demanda por matéria prima para utilização nas construções, aumenta em mesma proporção do crescimento demográfico e econômico. O grande volume exigido de materiais para a produção, necessita de uma extração maior e mais eficiente de insumos naturais, devido aos desperdícios, perdas e a geração de resíduos nos processos (JOHN, 2000).

O impacto causado pela produção e pelo descarte inadequado dos resíduos da construção civil é um dos principais problemas a ser enfrentado em todo planeta.

Seja pelo uso irracional dos materiais, desperdícios e perdas por baixa eficiência construtiva, ou pelo volume que é descartado diariamente pelo setor a problemática existe e está carente de solução viável (BAPTISTA Jr; ROMANEL, 2013)

Diante deste cenário a pesquisa visa contribuir com a avaliação da emissão de gás poluente – CO₂ – nos sistemas construtivos em alvenaria convencional e *steel frame* adotando o aço verde para que o setor da construção civil possa vislumbrar novas posturas mais saudáveis ao planeta.

3.1 Extração, Manufatura E Transporte De Materiais

O carvão vegetal utilizado no processo de siderurgia advém de florestas plantadas de Eucalipto ou trazidas de outros Estados. A exemplo do estado de Minas Gerais em que ocorrem explorações de jazidas de minérios de ferro desde o século XIX. No Estado do Pará, onde os altos-fornos de Carajás operam há mais de 20 anos o carvão vegetal utilizado na queima provém da disponibilidade abundante de madeira na região e de resíduos de madeireiras. Portanto, em um panorama genérico, a maioria do carvão provém de florestas nativas, além de cada local de siderurgia possuir suas particularidades. (UHLIG; GOLDEMBERG; COELHO, 2008).

No processo de transporte a utilização de caminhões predomina num cenário onde as estradas, por vezes deficientes, mantêm o fluxo da economia ativo não só no setor da construção civil, mas também em diversos outros como o agronegócio e indústria de eletroeletrônicos e petroquímicos. Assim, os caminhões são utilizados como principal meio de transporte para movimentação de cargas de maneira geral. As tecnologias empregadas nos caminhões modernos, visam aumentar a sua eficácia energética, reduzindo consumo de óleo combustível e lubrificante, com isso a eventual redução de GEE. A frota brasileira possui idade média elevada, em média, 19 anos, fazendo com que as emissões de CO₂ sejam ainda maiores (CRUVINEL, PINTO e GRANEMANN, 2012).

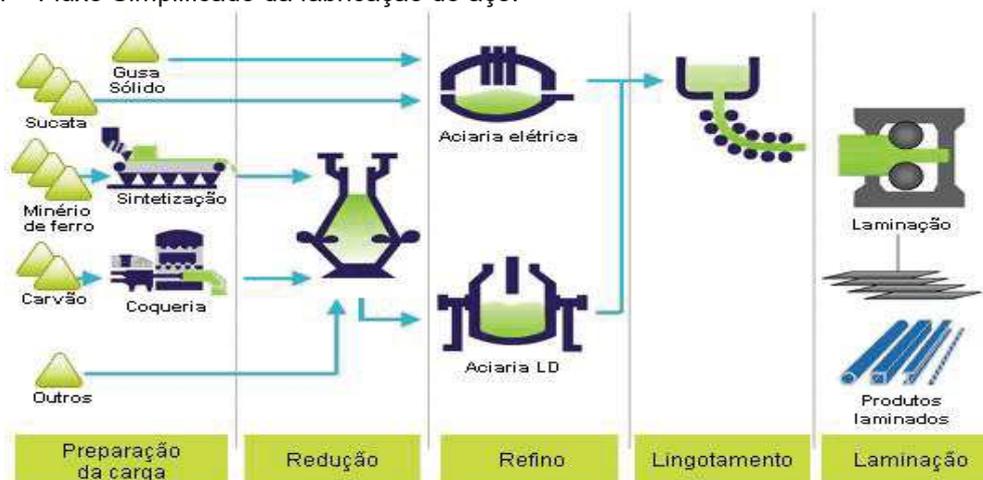
No âmbito dos materiais da construção civil a produção do aço exige que haja minério de ferro, cal e carvão como agente redutor. Esta produção, pode ser dividida

em quatro etapas principais, conforme o Instituto Aço Brasil: preparação da carga, redução, refino e laminação.

Segundo IaBr (2015), a produção do aço é realizada da seguinte forma:

- A) **Preparação da Carga:** Parte do minério de ferro é aglomerada, com a utilização de cal e finos de coque. O resultante desta aglomeração é o sinter. O carvão é levado até a coqueira, no processo de coqueificação, onde o carvão é levado à altas temperaturas sem a presença de oxigênio, o resultado dessa queima é o coque, um resíduo sólido e poroso.
- B) **Redução:** Os resultantes da etapa anterior são carregados no alto-forno. O oxigênio aquecido a 1000°C é soprado pela parte de baixo do alto-forno. O carvão, entra em contato com o oxigênio, produzindo calor que funde a parte metálica e dá início ao processo de redução do minério de ferro para o metal líquido (ferro-gusa). O resultante é um material de ferro-carbono, que possui um teor de carbono muito elevado.
- C) **Refino:** Aciarias a oxigênio ou elétricas, são os equipamentos utilizados para transformar o gusa (líquido ou sólido), sucatas de ferro e aço, em aço líquido. Nessa parte do processo, parte do carbono presente na estrutura do ferro-gusa é eliminado, junto com outras impurezas. A parte líquida do aço é solidificada em equipamentos para lingotamento, sendo este o material necessário para produzir semiacabados, lingotes e blocos.
- D) **Laminação:** O material resultante da etapa anterior (lingotes, blocos ou semiacabados), são processados por equipamentos chamados de laminadores, que são transformados em diversos materiais utilizados na construção civil, cujo nome depende de sua forma e/ou composição química.

Figura 04 – Fluxo Simplificado da fabricação do aço.



Fonte: IaBr (2015).

No Paraná, como podemos observar na figura 05, conforme o IaBR (2018), a principal fonte de aço que é comercializado no Estado, é proveniente de Guaíra, distribuído pela empresa *Gerdau Aço Longos*®.

Figura 05 – Mapa de principais empresas de fabricação de aço.



Fonte: IaBr (2018).

No caso do cimento o processo de fabricação ocorre através da exploração das matérias primas existentes em uma pedreira, as quais devem contar em proporções adequadas os seguintes componentes: Cálcio, Sílica, Alumina e Ferro. É recorrente a necessidade de corrigir a quantidade de algum dos componentes para a fabricação do cimento *Portland*, recorrendo a outras pedreiras ou mesmo o mercado (SECIL-GROUP, 2016).

Segundo o *Grupo Secil*® (2016), a extração de pedra é realizada através de explosivos, para obter blocos com dimensões pequenas. A matéria extraída é passada pelo britador, para achar um material, cuja dimensão seja inferior a 9cm. Ao mesmo tempo que se reduz o material, é realizada a mistura para se obter a mistura química desejada.

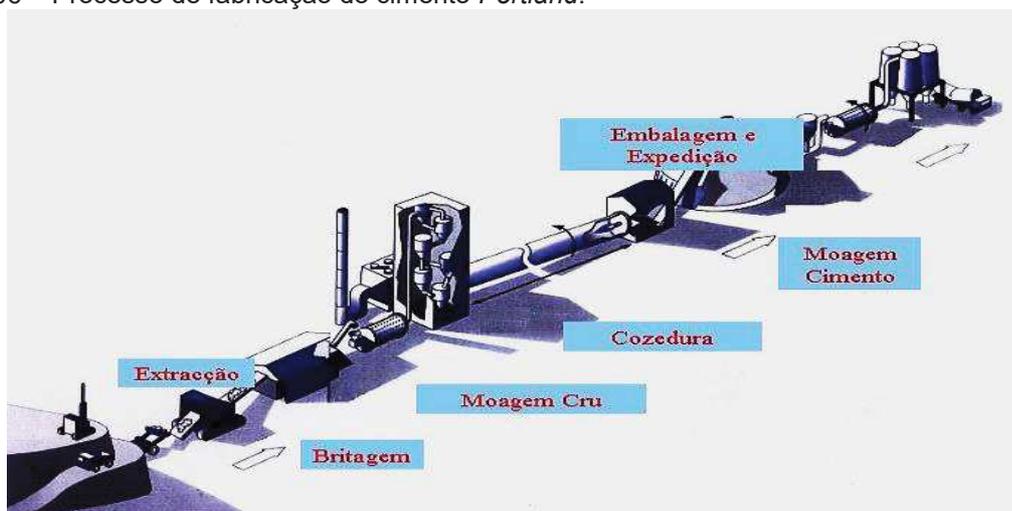
A mitigação de emissões de CO₂, está cada vez mais presente dentro das indústrias cimenteiras como um objetivo contemporâneo. A estratégia para redução dos impactos ambientais do concreto é a redução do teor de clínquer no cimento.

O termo clínquer é denominado a um material granular, entre 5 a 25mm de diâmetro, fruto da calcinação de um “blend” de calcário, argila e de outros componentes químicos, tais como silício, alumínio e ferro (FERREIRA, 2013).

Hoje, a indústria do cimento busca um produto que possua menores teores de clínquer, com adições em substituição do clínquer. Estas adições constituem atualmente resíduos de outras cadeias produtivas, como cinzas volantes, oriundas da queima de carvão mineral, e a escória de alto-forno, gerado na produção de ferro-gusa, que chegam para a indústria cimenteira com impacto ambiental nulo (OLIVEIRA et al., 2014).

A fase da moagem consiste em reduzir as matérias a uma finura elevada, e realizar as misturas para correções químicas. Após a moagem de cru, vem o processo de cozedura, no qual, resulta o produto denominado clínquer. A próxima etapa, é a moagem do cimento, alimentada com clínquer (95%) e gesso (5%), cimento *Portland* puro, onde se procura uma finura em função da classe de resistência do cimento, por último, a ensilagem, embalagem e expedição (SECIL-GROUP, 2016).

Figura 06 – Processo de fabricação do cimento *Portland*.



Fonte: SECIL-GROUP, 2016.

O Estado do Paraná, é importante na fabricação do cimento, pois responde a 10% do total da produção nacional. Segundo a MINEROPAR (2012):

“Em 2008 o Paraná produziu 5,31 milhões de toneladas de cimento e em 2009 produziu 5,33 milhões de toneladas, das quais a Cimento Rio Branco do grupo Votorantin, com unidade em Rio Branco do Sul, responsável por 76% da produção estadual. O restante foi produzido pela empresa Cimento Itambé, com unidade em Balsa Nova e mineração em Campo Largo” (MINEROPAR, 2012).

Assim, temos que os principais materiais utilizados na construção civil, que favorecem o crescimento econômico e social, também são um agravante para o meio ambiente, pois seus processos perpassam ações que propagam gás de efeito estufa seja pelos materiais, processos de obtenção ou transporte. Nesta pesquisa objetiva-se a busca por novos meios tecnológicos passíveis de se utilizar no Brasil que possam contribuir com o desenvolvimento sustentável e ecológico.

3.2 Avaliação do Ciclo De Vida das Edificações (ACV)

A Avaliação do ciclo de vida na construção (ACV), tem como objetivo identificar quais materiais são responsáveis pelos maiores impactos ambientais,

desde sua extração da matéria prima até o descarte, além de quantificar o CO₂ que é liberado para a atmosfera, entre a fabricação e o transporte de um material utilizado em um determinado sistema construtivo (GHATTAS et al., 2013).

Nos dias atuais, há uma falta de informação perante as indústrias sobre os efeitos causados pelos seus produtos, mas este cenário tende a mudar. A NBR 15575 (ABNT) - norma de desempenho - que exige dos produtos, laudos técnicos específicos sobre os mesmos é uma mostra da preocupação em se atuar de forma ética e consciente no setor da construção civil (SANTOS, AGUIRRE, CANALLI, 2016).

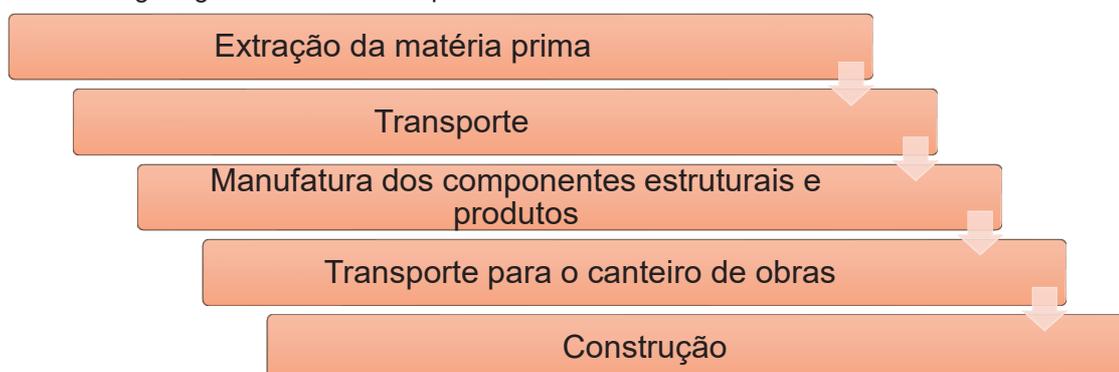
A Avaliação de Ciclo de Vida de CO₂ (ACVCO₂), é uma quantificação e avaliação das emissões de carbono emitidas nas etapas ao longo do ciclo de vida de um material constituinte da edificação, sendo seu estudo mais recente que o ACV, mesmo possuindo traços em comum (CHAU et al., 2015).

Dentro do nicho da construção, o cimento é o maior responsável pelas emissões de CO₂, entre as emissões não energéticas. Contudo, a composição de matéria prima, que não é encontrada de maneira uniforme na crosta terrestre, é responsável pelas emissões de carbono da indústria do cimento. Isto implica, que as emissões tenham maiores focos em pesquisas para mensurar quanti-qualitativamente os impactos causados ao meio ambiente (CHAU et al., 2015).

Segundo o estudo de Ghattas et al. (2013), a estrutura do ciclo de vida das estruturas, estão dispostas abaixo:

- A) Incorporada: A emissão de GEE de extração dos materiais até a construção da obra.

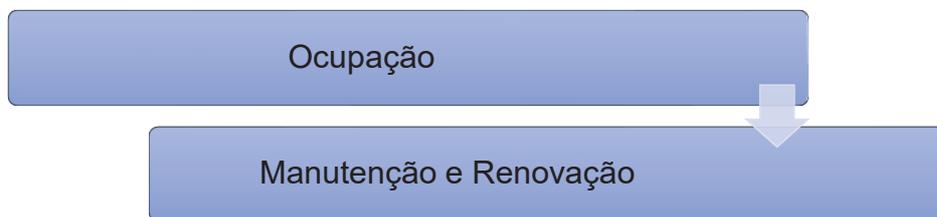
Figura 07 – Organograma da fase incorporada da ACV.



Fonte: GHATTAS et al. (2013).

B) Uso: A energia consumida e o GEE emitido durante o uso da construção.

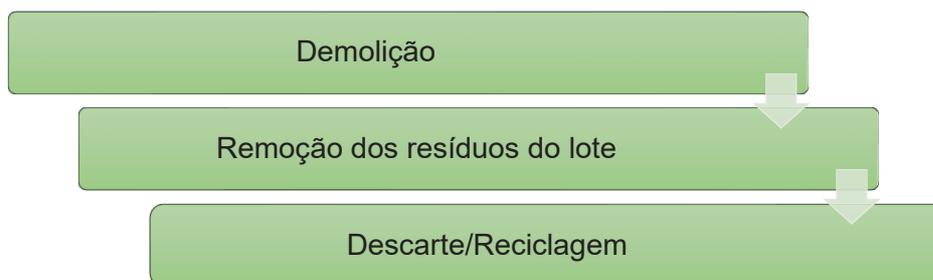
Figura 08 – Organograma da fase de uso da ACV.



Fonte: GHATTAS et al. (2013).

C) Descarte ou fim de vida: Emissão do GEE ou energia utilizada para a demolição da obra.

Figura 09 – Organograma da fase de descarte da ACV.



Fonte: GHATTAS et al. (2013).

Estas etapas de análise do ciclo de vida dos materiais contemplam a preocupação desta pesquisa em verificar a emissão de GEE nos sistemas de alvenaria convencional e *steel frame* com aço verde. Em especial busca contemplar a análise definida por Ghattas et al. (2013) como sendo a fase inicial – incorporada – de emissão avaliada desde a extração dos materiais até a sua inserção na obra.

4 EFEITOS DO CARBONO NO AR

A atmosfera do planeta Terra é constituída por alguns componentes principais, tais como, o nitrogênio (78,1%), oxigênio (20,9%) e argônio (0,93%) do volume. No entanto, há outros gases presentes, tais como o CO₂, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃), que absorvem e emitem a radiação infravermelha que é refletida pela Terra. Estes GEE's, representam um volume menor que 0,1% do total da atmosfera, mas que possuem um papel importante no balanço energético da Terra (MACHADO, 2005).

Segundo Machado (2005), a humanidade sempre influenciou o meio. Somente após a revolução industrial, no século XVIII, que o impacto causado pelas atividades do homem, tomou proporções de escalas globais. O principal impacto, envolve a queima de combustíveis fósseis para o uso industrial e residencial, e também o corte e queima de florestas nativas, que produzem os gases do efeito estufa, que afetam diretamente a composição da atmosfera, potencializando o efeito estufa.

Atualmente o índice *per capita* brasileiro, se mantém abaixo do americano, graças a um padrão muito baixo de emissões de carbono por unidade de energia consumida. Além disso, o Brasil possui muita capacidade para geração de energia limpa, utilizando fontes renováveis, tal como o carvão vegetal proveniente de florestas plantadas (SIMÕES; LA ROVERE, 2008).

Controle da emissão do GEE de estudo, conforme já tratado em itens anteriores, perpassa preocupações globais. Diante dos acordos internacionais, e especial o Tratado de Kyoto, busca-se fomentar o controle de emissões e desenvolver políticas de gestão comuns aos países desenvolvidos. Assim, com o objetivo de mitigar a produção de GEE surge os mecanismos de sequestro e crédito de carbono que serão detalhados pela pesquisa visando sua maior compreensão.

4.1 Sequestro de Carbono

As florestas têm um papel importante para manter o equilíbrio da quantidade de carbono global, pois, as árvores integrantes das florestas armazenam mais carbono do que o existente na atmosfera. Com o desmatamento, o carbono que está contido nas árvores é liberado para a atmosfera, seja por meio de queimadas ou por decomposição das mesmas (HOUGHTON, 1994).

O sequestro de carbono, é um meio de absorção e armazenamento do carbono existente na atmosfera, com a intenção de reduzir os impactos ambientais, já que o CO₂, é um componente potencial do GEE. O sequestro consiste em conter e reverter o acúmulo do gás atmosférico em questão, com isso, tem-se a diminuição do efeito estufa prejudicial ao planeta (RENNER, 2004).

O dióxido de carbono, pode ser removido do ar pelo crescimento de plantas selecionadas com características para esse fim, quanto mais rápido for o crescimento da planta, maior será a taxa de absorção de CO₂ (BAIRD, 2002). Renner (2004) ainda constata que devido ao crescimento rápido de árvores nos países tropicais, o sequestro de carbono será muito mais significativo do que em uma floresta de origem temperada.

Assim, tem-se uma maior eficácia no sequestro do carbono, por florestas. A fase de absorção acontece no crescimento das plantas, que absorvem o CO₂ durante o processo de fotossíntese (BAIRD, 2002). Quando as florestas atingem o seu estágio clímax, consistem em áreas de armazenamento de carbono permanentes. No entanto, quando já formadas as árvores, sua capacidade de absorção e retenção do GEE se reduz, a níveis mínimos. Os reflorestamentos, ou regeneração das florestas, apenas conseguem captar o carbono já emitido. (CHANG, 2002)

Segundo o IABr (2015), o uso de carvão vegetal é um contribuinte para a redução da emissão do GEE em questão. Por sua vez, o uso de gás natural libera CO₂ para a atmosfera, porém, a emissão desse gás pode ser mitigada pelas florestas plantadas, que são utilizadas para a produção do carvão vegetal. A neutralização, ocorre durante o crescimento das florestas, conforme explicado anteriormente, as plantas verdes utilizam o carbono atmosférico, liberando oxigênio, reduzindo assim os impactos do efeito estufa.

4.2 MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), foi proposto por equipe de brasileiros e adotado no protocolo de Kyoto, após revisões. O MDL, trata do comércio de créditos de carbono, que é baseado em sequestro de carbono, ou mitigação do mesmo, onde os países desenvolvidos que assinaram o tratado Kyoto que não atingirem suas metas de redução da emissão GEE ou aumento de remoção do dióxido de carbono, poderão comprar créditos de outros países que possuam alguma iniciação de MDL. (SILVA, 2011)

O MDL, tem seu objetivo no Artigo 12, parágrafo 2 do protocolo de Kyoto, que, ao contrário de outros mecanismos de flexibilização do protocolo, possibilita a participação dos países em desenvolvimento. (BORJA; RIBEIRO, 2007). O MDL, foi uma alternativa à países que não tinham condições de promover uma redução das emissões de GEE (países desenvolvidos, contidos no Anexo I do tratado), sendo projetos de MDL, aqueles que permitam a redução da emissão de gases do efeito estufa. A proposta brasileira, consiste em aplicar “penalidades” aos países desenvolvidos, conforme a contribuição de cada um para o aumento da emissão de GEE, com conseqüente aumento da temperatura global, acima dos limites autorizados (ARAUJO, 2010).

As atividades do projeto de redução de emissão, ou da concentração dos gases do efeito em questão, implementadas no território do país em desenvolvimento e com a comprovação de que essas atividades contribuam realmente para a mitigação da mudança climática global, estas receberão Reduções Certificadas de Emissões – RCEs (ou créditos de carbono), os quais poderão ser comercializados a terceiros. Normalmente, os interessados na compra dos certificados são empresas instaladas em países desenvolvidos que possuem compromissos com a mitigação da emissão de GEE ou limitação em suas emissões, tratados no Protocolo de Kyoto (FILHO; SABBAG, 2009).

De acordo com as regulamentações que foram estabelecidas na COP (Conferências das Partes), a participação para um MDL, deve ser voluntária. Os interessados em participar de um MDL, previamente devem requerer autorização de uma autoridade nacional designada (AND), que será a responsável por aprovar um

projeto de MDL no país sede. Para apoio dos que propõem um projeto, na apresentação das informações necessárias ao exame do mesmo, o Conselho Executivo do MDL, disponibilizou um documento para orientação, denominado Documento de Concepção de Projeto, disponível para acesso a todos, na internet (SISTER, 2007).

O mecanismo, acaba permitindo certificação de projetos para mitigação dos GEE, com a venda desses certificados à países desenvolvidos, sendo uma complementação do cumprimento das metas para reduções do aquecimento global. Esse modelo foi estruturado pelo princípio Poluidor-Pagador, que prevê a cobrança de taxas para aquele que polui, onde a destinação do recurso da cobrança é para iniciativas para correção da fonte poluidora (SATO; AZEVEDO, 2008).

No âmbito desta pesquisa investiga-se o “aço verde”, material chancelado como um projeto de MDL proposto pelo grupo PLANTAR – Projeto de Biomassa Cultivada como Fonte Renovável para a Produção de Ferro Gusa – foi um dos primeiros projetos a serem aprovados pelo Fundo Protótipo de Carbono (PFC) do Banco Mundial. Este projeto visa a mitigação da emissão de carbono por meio da substituição do coque de carvão mineral pelo carvão vegetal nos altos-fornos siderúrgicos, com a utilização de madeira de reflorestamento, oriundo de florestas de monocultura de Eucalipto, onde 90% das árvores do estado de Minas Gerais são utilizadas no setor de siderurgia (CALAZANS; GILBERTSON, 2009).

4.3 Certificados de Carbono e Mercado de Carbono

As vantagens para o Brasil e para o resto do mundo, tanto em questões econômicas, quanto ambientais de crédito de carbono, são aliadas. As Reduções Certificadas de Emissões – RCEs, são possivelmente, o grande trunfo do Protocolo de Kyoto frente a diversos programas ambientais de impactos globais. Pela primeira vez, existe uma ferramenta eficiente que consiga promover a recuperação global ecológica, visando desenvolvimento sustentável, onde é possível obter lucros financeiros (SAID; DZIEDZIC, 2007).

O mecanismo de negociação, conhecido como Mercado de Carbono, é a comercialização das RCEs, a unidade de redução de emissões de gases de efeito estufa. É uma estrutura de comércio onde os países desenvolvidos que constam no Anexo I do Protocolo de Kyoto (Tabela 01) possam comprar “créditos de carbono” de países em desenvolvimento, atendendo as regulamentações do Protocolo citado anteriormente. Com isso, os países desenvolvidos que não alcançarem a meta estabelecida, podem livremente investir em projetos de MDL de países não presentes na lista (AROEIRA, 2010).

Tabela 01 – Total de emissões de CO₂ dos países Anexo I do Protocolo de Kyoto, em 1990.

Países Anexo I	Emissões (em 1000t)	Percentual
Estados Unidos da América	4,957,022	36.11%
Federação Russa	2,388,720	17.40%
Japão	1,173,360	8.55%
Alemanha	1,012,443	7.37%
Reino Unido	584,078	4.25%
Canadá	457,441	3.33%
Itália	428,941	3.12%
Polônia	414,930	3.02%
França	366,536	2.67%
Austrália	288,965	2.10%
Espanha	260,654	1.90%
Romênia	171,103	1.25%
República Checa	169,514	1.23%
Países Baixos	167,600	1.22%
Bélgica	113,405	0.83%
Bulgária	82,990	0.60%
Grécia	82,100	0.60%
Hungria	71,673	0.52%
Suécia	61,256	0.45%
Áustria	59,200	0.43%
Eslováquia	58,278	0.42%
Finlândia	53,900	0.39%
Dinamarca	52,100	0.38%
Suíça	43,600	0.32%
Portugal	42,148	0.31%
Estônia	37,797	0.28%
Noruega	35,533	0.26%
Irlanda	30,719	0.22%
Nova Zelândia	25,530	0.19%
Letônia	22,976	0.17%

Tabela 01 – Total de emissões de CO₂ dos países Anexo I do Protocolo de Kyoto, em 1990, continuação.

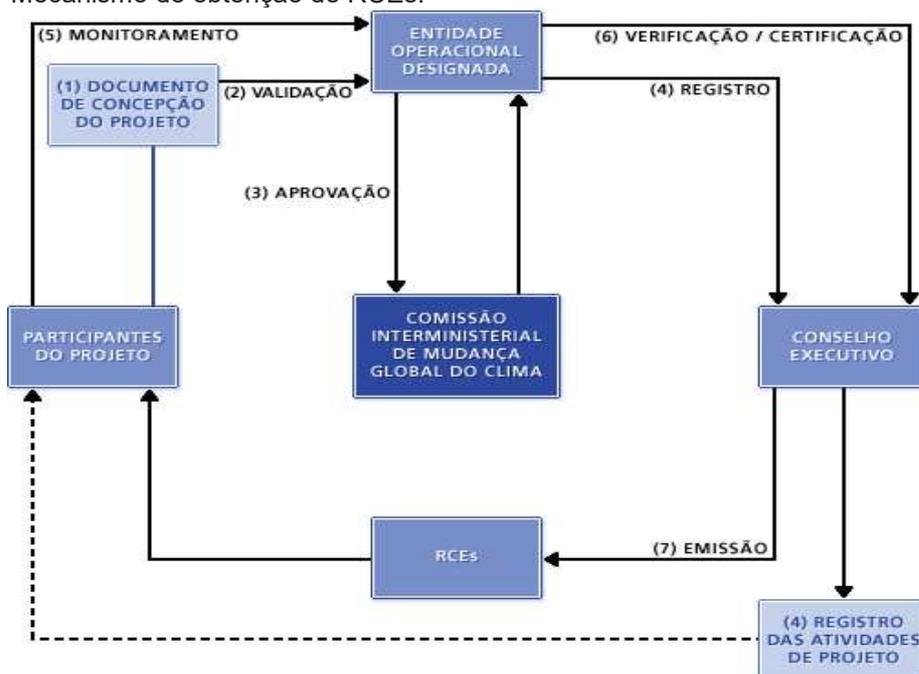
Países Anexo I	Emissões (em 1000t)	Percentual
Luxemburgo	11,343	0.08%
Islândia	2,172	0.02%
Liechtenstein	208	0.00%
Mônaco	71	0.00%
TOTAL	13,728,306	100

Fonte: Protocolo de Kyoto (1997).

O ciclo para obtenção de RCEs (créditos de carbono) segundo a Bolsa de Mercadorias e Futuro (BM&F) perpassa as etapas sistematizadas pela figura 10. Onde se tem início na denominada fase 1: Concepção de Projeto

A Concepção de Projeto na fase (1) além de tratar da metodologia, deve ser também utilizado para verificar se as metas de redução ou remoção do CO₂, estão sendo cumpridas. O desenvolvedor do projeto deve estabelecer uma linha de base do projeto e a adicionalidade. A linha de base é o cenário representativo das emissões de dióxido de carbono na ausência do projeto. A adicionalidade, um projeto de MDL será considerado adicional, se as emissões derivadas das atividades humanas de CO₂, forem menores do que na ausência do projeto, ou se a remoção do poluente de forma natural for superior sem o projeto de MDL.

Figura 10 – Mecanismo de obtenção de RCEs.



Fonte: BM&F BOVESPA.

A validação, fase (2), é o processo em que há a avaliação independente de um projeto de MDL. O participante do projeto, necessita de uma empresa especializada independente (Entidade Operacional Designada ou apenas EOD), para revisar o documento e validá-lo.

A aprovação, fase (3), no país sede da MDL é efetuado pela Autoridade Nacional Designada (AND), onde é feita a aprovação do projeto. No Brasil, o órgão responsável pela AND é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, que tende a avaliar a consistência do projeto, em duas escalas: Se há redução ou mitigação do CO₂ e desenvolvimento sustentável.

Após a aprovação, o projeto segue para o Registro, fase (4), onde é realizada a aceitação formal, pelo Conselho Executivo, como um projeto validado de MDL. Este registro, é um pré-requisito para obtenção da emissão das RCEs.

Com o registro realizado, o projeto é enviado para o Monitoramento, fase (5). Nesse processo, deve seguir o plano estabelecido que foi descrito em projeto, produzindo relatórios a serem avaliados pelo EOD.

A Verificação, fase (6), é a parte em que é realizada a revisão periódica do projeto, efetuados pela EOD, das reduções ou mitigações das emissões de GEE que ocorreram em virtude da aprovação do projeto de MDL.

Assim, a certificação é a garantia de que o projeto em questão atendeu as expectativas descritas em projeto durante um período de tempo. Com a certificação, o desenvolvedor do projeto pode requerer ao Comitê Executivo a fase (7) que consiste na Emissão das RCEs (ou crédito de carbono), relativo à quantidade de dióxido de carbono que foi reduzida ou mitigada. Os créditos, tem validade e podem ser renovados.

5 ALVENARIA CONVENCIONAL E STEEL FRAME

Após o resgate teórico dos assuntos pertinentes às mudanças climáticas, às políticas de redução de emissão de gás de efeito estufa e demais assuntos pertinentes ao papel da construção civil nos processos de propagação de gás poluentes a pesquisa segue com o estudo comparativo entre a alvenaria convencional e o sistema *steel frame* com a adoção do aço verde. Para este fim inicia com a definição dos sistemas, suas particularidades e características gerais de materiais constituintes. Parte para a investigação sobre carvão mineral e carvão vegetal utilizados nos processos de elaboração dos materiais primordiais dos dois sistemas e dá destaque à produção do denominado “aço verde”. Assim, pretende-se finalizar a compreensão da problemática pertinente ao tema de pesquisa para iniciar a organização do estudo comparativo entre os sistemas de forma sistemática.

5.1 Alvenaria Convencional: Sistema e Materiais Constituintes

A alvenaria convencional, utilizando blocos de cerâmica vazados e estrutura de concreto armado é o sistema construtivo mais adotado no país atualmente. Conforme a figura 11 é um sistema constituído por uma estrutura reticulada, composto por vigas, pilares e lajes, formando o “esqueleto” da edificação, onde as vedações são realizadas com alvenaria (PEDROSO, 2015).

Figura 11 – Sistema construtivo de alvenaria convencional; (a) vista (b) corte.



Fonte: PEDROSO, 2015.

A norma que rege este sistema construtivo é a NBR 6118 (ABNT, 2014) – Projeto de estruturas de concreto. Nesta norma, o elemento de concreto armado funciona devido à aderência entre as barras de aço e o concreto. O concreto resiste aos esforços de compressão, enquanto o aço é responsável por resistir aos esforços de tração (ABNT, 2014).

5.2 *Steel Frame*: Sistema e Materiais Constituintes

O sistema *Steel Frame*, é constituído de uma estrutura de perfis de aço zincado por imersão a quente, ou por eletrodeposição e formados a frio. Conforme a figura 12 os perfis são unidos por parafusos autobrocantes, pinos ou soldas, formando painéis de paredes, laje e cobertura, assim, formando um conjunto autoportante, com capacidade para receber os esforços da edificação durante sua vida útil (CAIXA, 2003).

Figura 12 – Sistema construtivo *Steel Frame*; (a) vista (b) corte.



Fonte: PEDROSO, 2015.

Nesse sistema, os perfis de aço são dimensionados para suportar os esforços, tais quais seriam submetidos vigas e pilares de concretos. Os elementos de vedação, são materiais como chapas cimentícias, OSB, gesso acartonado, PVC, dentre outros. A vedação é complementada por elementos que garantam a estanqueidade da estrutura, mas que também hajam como elementos isolantes acústicos, térmicos,

impermeabilizantes, dimensionados para atender a norma mínima de desempenho (PEDROSO, 2015).

5.2.1 Carvão Vegetal e Carvão Mineral

O coque de carvão mineral é obtido a partir do aquecimento do carvão betuminoso, ou um “*blend*” de carvões, na ausência de oxigênio a temperaturas acima de 980°C. Diversos outros subprodutos são obtidos juntos com o coque. É incluído o gás de forno de coque, uma mistura complexa de componentes orgânicos condensáveis, chamados também de alcatrão. Uma segunda mistura de orgânicos também é obtida, em estado oleoso, chamados de óleo leve e sulfato de amônio, que contém vários outros compostos dissolvidos na mistura (BLASCHAK COAL CORP, 2015).

O carvão mineral ainda é a principal fonte de energia industrial do país, conforme mostra o Balanço Energético Nacional (BEM) (BRASIL, 2017^a). O carvão mineral é mais barato que o carvão vegetal, porém possui uma alta demanda de importações. Esse produto nacional, possui quantitativamente o necessário para abastecimento da demanda, porém, é qualitativamente inutilizável, pois, devido ao seu alto grau de impurezas, cinzas e enxofre que possui (BRITO, 1990).

Por sua vez o carvão vegetal é resultado da pirólise lenta (carbonização) da fibra da madeira. Esse processo é o resultado do aquecimento a temperaturas entre 200°C e 400°C, promovendo modificações dos componentes das fibras da madeira, com a intenção de concentrar o teor de carbono na massa resultante, após o processo de pirólise (CARNEIRO et al., 2011).

Segundo Brito (1990), a produção de carvão vegetal no Brasil é em grande parte destinada a indústrias de diversos setores, tais como, siderurgia, metalurgia, cimento, dentre outras, onde, a sua principal utilização se faz de fato, na siderurgia. O carvão vegetal precisa alcançar a sua autossuficiência para as siderúrgicas nacionais, pois assim, além de representar um menor custo na fabricação, é obtido um ferro-gusa de melhor qualidade quando comparado ao de coque, o que implica em um preço de revenda também superior.

Na siderurgia, tanto o carvão vegetal, quanto o coque mineral são utilizados como agentes redutores e também combustíveis nos altos-fornos. Deles partem o carbono adicionado ao minério de ferro. O coque mineral, é o redutor mais utilizado no Brasil, com 79.86% da produção total em 2016, conforme a tabela 2 e figura 13 (UHLIG; GOLDEMBERG; COELHO, 2008).

Tabela 02 – Produção de ferro-gusa conforme o tipo de siderurgia.

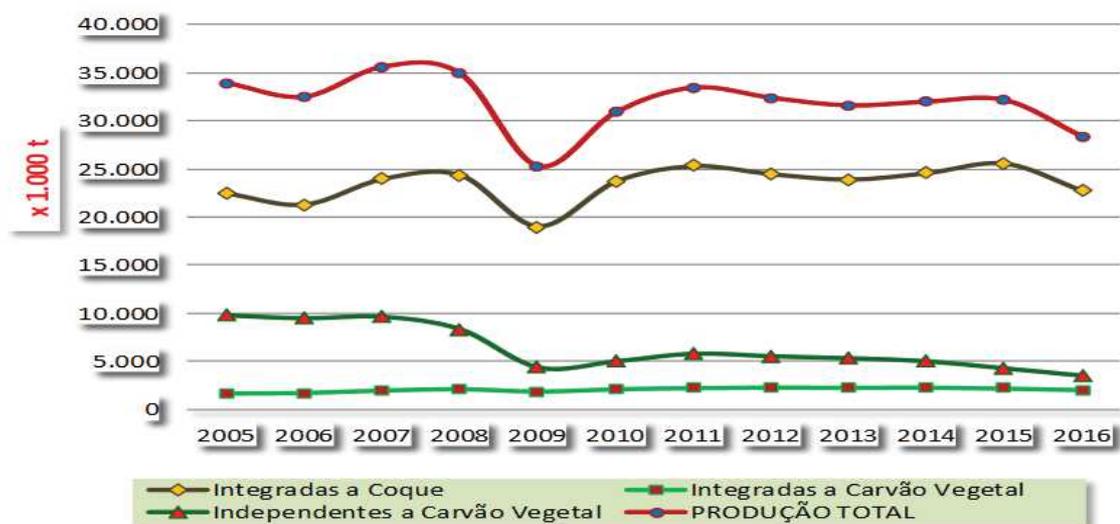
Ano	Siderúrgica a Coque	Siderúrgica a carvão vegetal – TOTAL*	Total	(%) a Coque Mineral	(%) a Carvão Vegetal
2005	22,460,688.00	11,343,678.00	33,804,255.00	66.44%	33.56%
2006	21,275,851.00	11,295,538.00	32,571,189.00	65.32%	34.68%
2007	23,962,642.00	11,608,208.00	35,570,850.00	67.37%	32.63%
2008	24,380,975.00	10,700,851.00	35,081,826.00	69.50%	30.50%
2009	18,995,360.00	6,556,000.00	25,551,360.00	74.34%	25.66%
2010	23,702,000.00	7,162,747.00	30,864,747.00	76.79%	23.21%
2011	25,334,200.00	8,080,504.00	33,414,704.00	75.82%	24.18%
2012	24,580,910.00	7,916,796.00	32,497,706.00	75.64%	24.36%
2013	23,916,956.00	7,635,318.00	31,552,274.00	75.80%	24.20%
2014	24,599,200.00	7,349,644.00	31,948,844.00	77.00%	23.00%
2015	25,592,840.00	6,517,558.00	32,110,398.00	79.70%	20.30%
2016	22,625,208.00	5,706,882.00	28,332,090.00	79.86%	20.14%

*Siderúrgicas Totais incluem Siderúrgicas Independentes e Integradas

Fonte: SINDIFER, 2016, modificado pelo autor.

A opção do uso do carvão mineral em relação ao vegetal, está relacionado ao custo, conforme diz Camioto e Rebelatto (2014). O preço do coque é inferior comparado ao carvão vegetal, conforme mostra o trabalho de Uhlig, Goldemberg e Coelho (2008), onde a diferença aponta em 19% de vantagem para o coque em relação ao carvão vegetal de origem natural de 29,7% para o plantado.

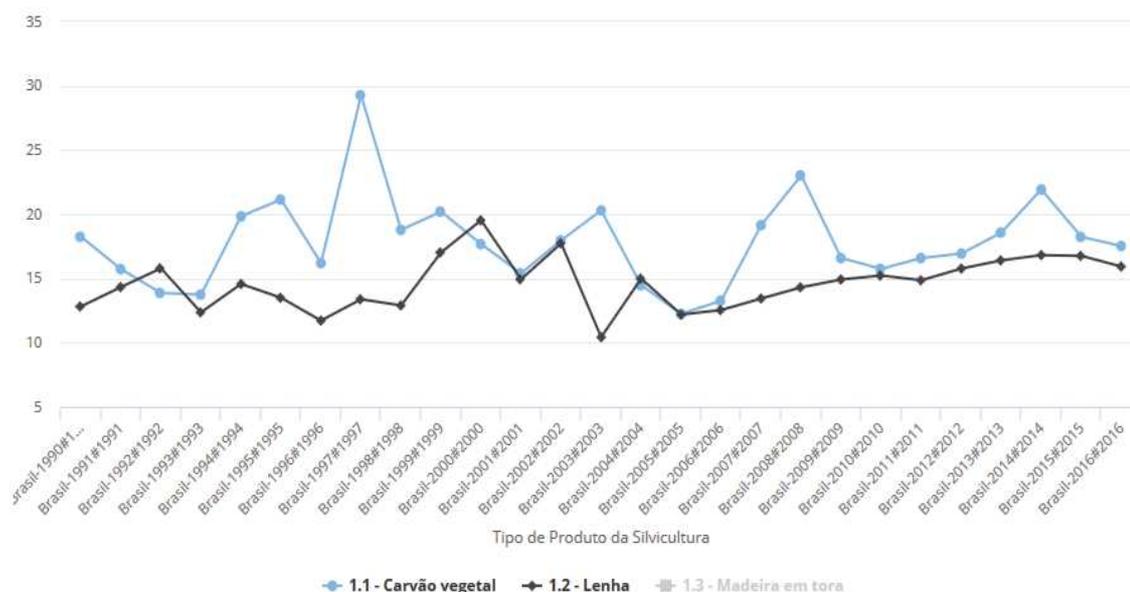
Figura 13 – Produção de ferro-gusa conforme o redutor utilizado.



Fonte: SINDIFER, 2016.

Nos últimos 10 anos, o consumo de lenha permaneceu constante nos setores agropecuários, residencial e industrial. O setor de carvão vegetal acaba sofrendo maiores variações e a sua demanda é caracterizada principalmente pelo setor de siderurgia, o qual rege a demanda da matéria prima. Observa-se que no período de 2010 a 2014 houve um acréscimo da demanda da matéria e nos anos seguintes, uma sensível redução (IBGE, 2018).

Figura 14 – Gráfico da produção de carvão vegetal e lenha.



Fonte: IBGE, 2018.

Observa-se também que no Brasil, conforme a figura 14, o consumo de madeira é voltado principalmente para o setor de carvão vegetal, sendo majoritariamente utilizado no setor de siderurgia. Mas ainda, a maior fonte utilizada no setor, é de carvão mineral, um produto não renovável, fóssil, e que na sua queima, há a eliminação de gases nocivos para a potencialização do efeito estufa. O consumo de matéria prima como combustível para obtenção do ferro-gusa, pode ser visto na tabela 03.

Tabela 03 – Consumo de matéria para obtenção de ferro-gusa e aço.

FONTES	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	SOURCES
GÁS NATURAL	6,9	6,6	5,3	5,5	5,7	6,3	6,3	6,3	7,3	6,8	NATURAL GAS
ÓLEO COMBUSTÍVEL	0,8	0,8	0,9	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	FUEL OIL
GÁS DE COQUERIA	5,9	6,0	7,8	7,6	7,4	7,3	7,4	7,3	6,9	7,4	COKE GAS
COQUE DE CARVÃO MINERAL	35,8	35,7	38,2	43,5	44,5	44,3	44,9	44,2	44,5	44,9	COAL COKE
ELETRICIDADE	8,9	9,1	9,8	9,8	9,9	10,0	10,4	10,2	9,6	9,9	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	27,0	26,5	20,9	20,5	20,1	19,7	18,6	18,1	17,9	16,6	CHARCOAL
OUTRAS	14,7	15,3	17,0	12,1	12,2	12,1	12,3	13,7	13,8	14,3	OTHERS
TOTAL	100	TOTAL									

Fonte: Brasil (2017^a).

Como o Brasil possui grandes volumes na fabricação de ferro gusa, o setor tende a ser um importante influenciador na mitigação de emissão de gases do efeito estufa. A substituição do carvão mineral por de origem vegetal proveniente de madeira de reflorestamento, possui uma grande vantagem frente ao produto originário de combustível fóssil, como será visto no item 5.2.2. A maior utilização de *steel frame* no Brasil, e a utilização de aço verde, tem grande potencial ecológico se comparado às práticas convencionais que são utilizadas atualmente.

5.2.2 Aço verde

Hoje, o ferro fundido e as centenas de derivações obtidas a partir do mesmo, podem ser empregadas em diversos setores da economia, tais como, setor automobilístico, construção civil, eletrônicos, dentre outros (CAVALCANTI, 2012).

No Brasil, a produção desta matéria-prima é feita em dois tipos de instalações, uma delas, as indústrias que produzem exclusivamente o ferro-gusa, conhecidas como guseiras, e a outra em siderúrgicas semi integradas ou integradas, onde além de produzir a matéria prima, também saem os subprodutos, como o aço (UHLIG; GOLDEMBERG; COELHO, 2008). Segundo Cavalcanti (2012), o setor siderúrgico é muito intensivo em capital e o custo dos equipamentos é elevado, principalmente nas grandes usinas integradas.

Na obtenção do aço uma alternativa ao coque de carvão mineral para sua produção pode ser a utilização do carvão vegetal, considerado um coque renovável e com capacidade de auxílio para a redução das emissões de GEE. O uso de carvão vegetal como redutor em alto-fornos, é uma tecnologia da siderurgia brasileira, que representa cerca de 20% da produção total de ferro gusa, matéria prima utilizada para a produção do aço e perfis (SINDIFER, 2016).

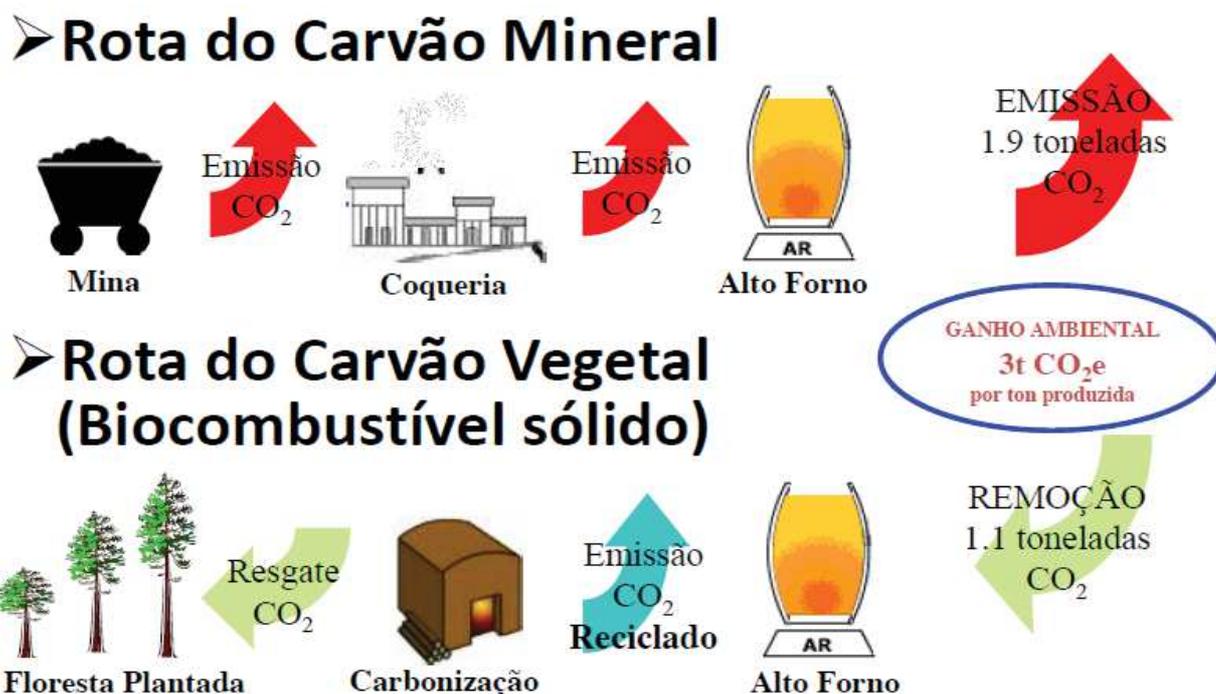
O gusa obtido com o carvão vegetal oriundo de florestas plantadas, é denominado de “aço verde”, produto brasileiro, com qualidades únicas no mundo. A siderurgia a carvão vegetal, está principalmente concentrada no Estado de Minas Gerais, com metade da produção na região de Carajás, que também faz parte do Pará e Maranhão (ROCHA, 2011).

Segundo Rocha (2011), o aço verde tem potencial para ser uma alternativa ambiental e sustentável que o Brasil levará aos fóruns mundiais. Pois, o carvão vegetal possui uma cadeia produtiva que possui *links* com diversos setores como o ambiental, social e econômico. Com isso, acredita-se que serão potencializadas as pesquisas a respeito do carvão vegetal de origem plantada e lenha no Brasil.

Contudo, no processo industrial para a produção do aço verde, ainda há emissões de CO₂ para a atmosfera, mesmo utilizando o carvão vegetal como termo redutor. Porém, com a utilização do carvão vegetal originário de florestas plantadas, tem-se um ganho ambiental significativo, que é a absorção de CO₂ pelas florestas em

crescimento, fazendo com o que o balanço de emissões seja favorável, devido ao sequestro de carbono e liberação de oxigênio – devido à fotossíntese – que ocorreram durante o amadurecimento das florestas plantadas, em especial o eucalipto (LOPES, et al., 2018). A figura 15 representa este fluxo:

Figura 15 – Comparativo entre Carvão Mineral e Carvão Vegetal.



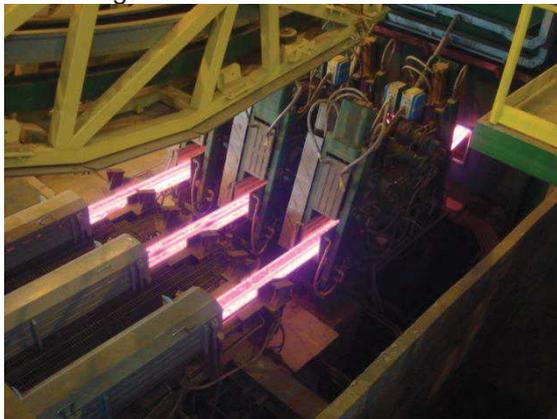
Fonte: Grupo Plantar (2015).

Observa-se que, para a produção de 1 tonelada de ferro gusa com carvão mineral, é emitido 1,9 toneladas de CO₂, enquanto que, com a utilização do carvão vegetal, há uma recuperação da emissão de carbono em 1,1 toneladas (PLANTAR, 2015) e ainda a geração de 164kg de oxigênio, sendo que, na substituição em todos os processos, há um ganho de 3,0 toneladas de CO₂ por tonelada de ferro-gusa fabricado. Um balanço positivo para o meio ambiente (LOPES et al., 2018).

Diante do exposto percebe-se a importância em promover a siderurgia a carvão vegetal para a economia brasileira. Incentivar o aflorestamento e reflorestamento da matéria prima para produção de aço verde contribuindo para uma equação sustentável (LOPES et al., 2018). O setor energético brasileiro possui diversos aspectos que contribuem para uma geração mais limpa de energia, porém o

mesmo deveria ter maiores investimentos por parte do governo, para a contribuição da mitigação da emissão de GEE (SIMOES; LA ROVERE, 2008).

Figura 16 – Aço Verde na fase de lingotamento.



Fonte: Grupo Ferroeste (2017).

Verifica-se diante dos conteúdos apresentados que o tema de pesquisa instiga uma reflexão sobre o papel da construção civil nas ações de mitigação de emissões de gás poluente. Percebe-se que algumas possibilidades de ações diferenciadas foram já apresentadas e a pesquisa pretende a partir de então sistematizar a análise dos sistemas construtivos definidos por meio um estudo de caso visando proporcionar a análise de emissões em ambos os sistemas – alvenaria convencional e *steel frame* com a adoção do aço verde em sua etapa de extração, manufatura e inserção na obra.

6 METODOLOGIA

Para determinar a emissão de CO₂ durante a fase incorporada do ciclo de vida da construção, é necessário efetivar uma análise do projeto arquitetônico e complementares em questão, realizando o quantitativo de materiais que serão utilizados para sua execução. Na pesquisa do presente trabalho foi analisado o projeto estrutural tanto pelo sistema de alvenaria convencional, quanto pelo sistema de *Steel Frame*. As análises foram divididas em 2 casos, sendo importante destacar que um dos casos o aço utilizado foi o aço verde, que entrará em comparação com o aço convencional feito com a utilização de coque de carvão mineral.

A pesquisa se baseia em um estudo quantitativo e qualitativo referente aos impactos ambientais resultantes do uso de aço e concreto na construção civil. Foi realizado uma estimativa dos serviços que foram necessários para a execução do projeto em estudo, para o levantamento de emissão de dióxido de carbono, tanto para o método de alvenaria convencional e estrutura em *steel frame* com aço convencional (caso 01), alvenaria convencional com ferragens de aço verde e estrutura *steel frame* com utilização de aço verde (caso 02).

Por fim ressalta-se que nesta pesquisa não foi comparado as emissões de CO₂ causados pelos demais projetos complementares, pois o quantitativo e qualitativo dos materiais seriam os mesmos, devido não haver alterações nesses projetos em razão do método construtivo utilizado. Será contabilizada as emissões para comparações gráficas de efeito representativo, para melhor visualização das proporções de poluente emitido por setores da construção.

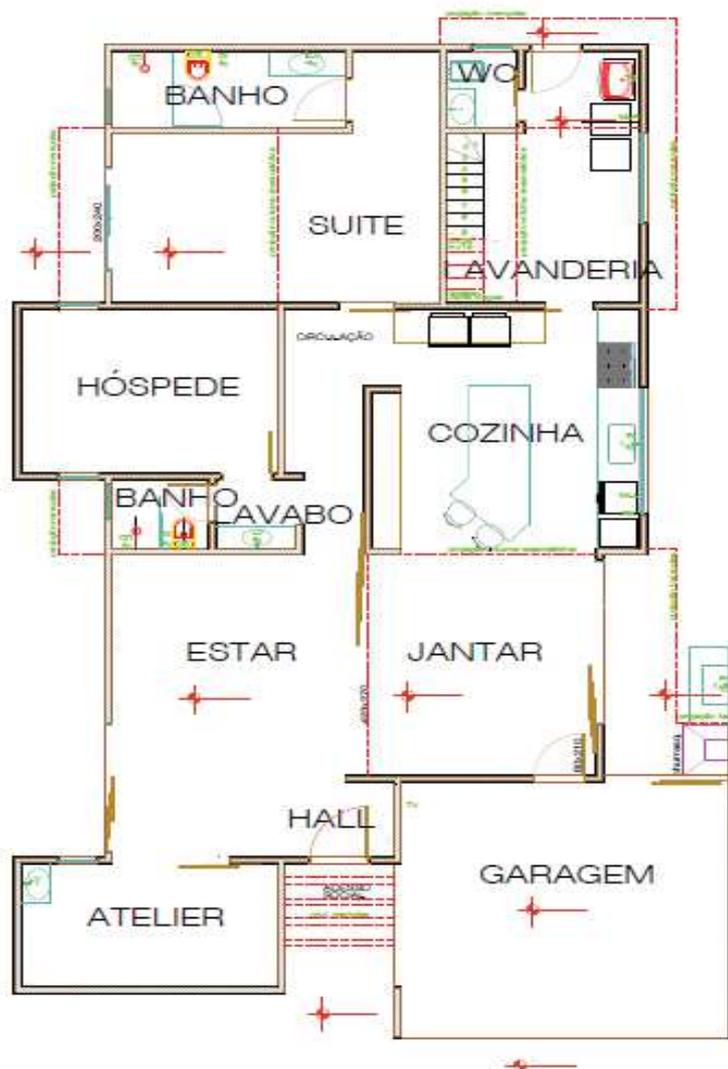
6.1 Caracterização do Objeto de Estudo

A obra a ser executada está localizada na cidade de Cascavel – PR e possui 180m², onde a emissão que foi analisada está na fase incorporada do ciclo de vida da construção, desde a extração dos materiais, transporte para manufatura, manufatura e transporte para o canteiro de obras, sem o aprofundamento do ciclo de vida após a

aplicação dos materiais na obra bem como o acompanhamento ao longo da vida útil da obra. O arquiteto responsável preferiu não ser identificado. A obra está localizada no centro da cidade.

O projeto definido para estudo é uma residência unifamiliar e possui um pavimento e um acesso aos reservatórios superiores. A planta baixa é dividida em 11 cômodos, sendo estes: garagem; atelier; hall/sala de estar; sala de jantar; lavabo 01; banho; quarto de hóspedes; cozinha; suíte; lavanderia e lavabo 02, totalizando os 180 m² a serem construídos. O objeto de estudo, está representado na figura 17 sem escala definida. O projeto de estudo, está contido nos anexos A, B, C, D e E.

Figura 17 – Planta Baixa da edificação de estudo.



Fonte: Arquiteto responsável pelo projeto (2016).

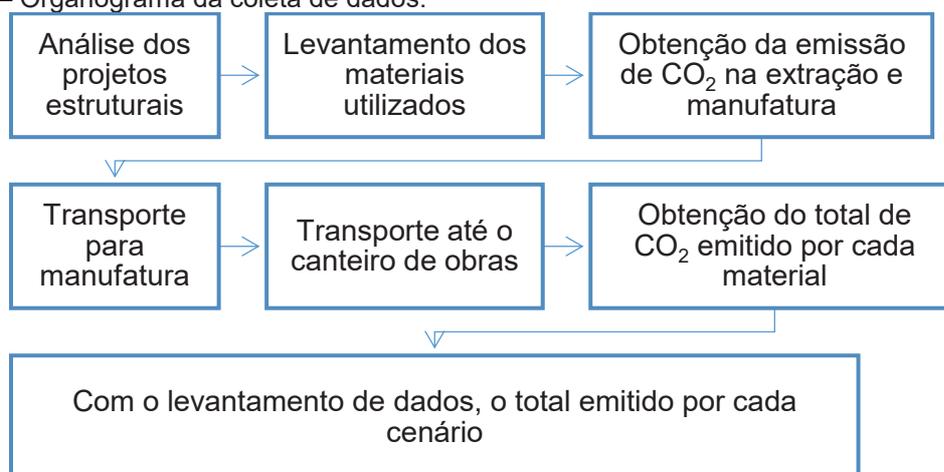
6.2 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada através da análise do projeto estrutural de ambos os casos, para posterior levantamento do quantitativo de materiais necessários para execução dos dois métodos. O primeiro passo foi dividir o projeto estrutural em duas partes: infraestrutura e superestrutura. Ressalta-se que na infraestrutura, não foi analisado os blocos e estacas, apenas as vigas baldrame de ambos os sistemas construtivos.

Em seguida, foi realizado o levantamento da quantidade de material necessário nos projetos estruturais, sendo que os materiais como formas, pregos, fios de arame, parafusos e demais materiais de pequeno porte foram desconsiderados, considerando apenas o aço e concreto utilizado. Com isso foi obtido a emissão de CO₂ na fase de extração e/ou manufatura e transporte para o processo de manufatura, que foi obtido a partir de dados do IPCC e COSTA (2012).

A próxima etapa, foi obter a localização das empresas distribuidoras dos materiais manufaturados, assim obtendo a distância dos mesmos até o canteiro de obras com a utilização da plataforma *Google Maps*[®]. Para determinar a emissão de CO₂, foi utilizado a média do consumo de combustível por caminhões no Brasil. Sucintamente, pode ser observado como foi a coleta de dados pela figura 18.

Figura 18 – Organograma da coleta de dados.



Fonte: Autor (2018).

Para a análise, o projeto estrutural em *Light Steel Frame* foi fornecido pela arquiteta que solicitou seu anonimato. O projeto estrutural em concreto armado, foi elaborado pelo discente responsável por esta monografia, sendo utilizado o *software Eberick V10*, da *AltoQi*, para a realização do mesmo. Para efeito de comparação, foi utilizado o mesmo projeto de baldrame para o *Steel Frame*, descontando o concreto e aço utilizado para realiza as esperas de pilares.

Com os dados obtidos, então foi realizada a análise dos dados para comparação dos resultados, sendo possível realizar uma conclusão sobre a utilização dos materiais e a interferência do mesmo para com o meio ambiente.

6.3 Análise de Dados (Comparativo Steel Frame e Alvenaria Convencional)

Com a realização do quantitativo de materiais, das distâncias e emissões embutidas nos materiais manufaturados, foi possível obter os dados de emissões de CO₂ na fase incorporada do ciclo de vida para todos os cenários.

Os dados serão representados em gráficos e tabelas, para comparar as emissões causadas pelos dois métodos construtivos e pelo material em questão, o aço verde, através do *software Microsoft Excel*[®], concluindo se haverá ganhos ambientais ou não pela utilização do aço verde em estruturas.

A tabela 04, indica a emissão de CO₂ na fase de extração e manufatura. Os dados foram obtidos a partir da tese de mestrado de Bruno Luis de Carvalho da Costa – Quantificação das Emissões de CO₂ Geradas na Produção de Materiais Utilizados na Construção Civil no Brasil – de 2012.

Tabela 04 – Emissão de CO₂ na fase de extração e manufatura.

Produto	T _{CO2} /T _{PRODUTO}
Cimento	0.8850
Agregado Graúdo	0.0722
Agregado Miúdo	0.0719
Gesso	0.3424
Aço	1.9000
Alumínio	3.8512
Argamassa (MÉDIA)*	0.1630 ¹

Tabela 04 – Emissão de CO₂ na fase de extração e manufatura, continuação.

Produto	T _{CO2} /T _{PRODUTO}
Cerâmica (tijolos e telhas)	0.0943
Cerâmica (revestimento)	0.0943
Concreto (15Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.310 ²
Concreto (20Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.338 ²
Concreto (25Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.346 ²
Concreto (30Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.363 ²
Concreto (35Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.381 ²
Concreto (40Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.395 ²
Concreto (45Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.409 ²
Concreto (50Mpa com cimento CP II – F – 32)	0.424 ²
MDF, chapa de fibra, MDP, OSB, HDF	0.2582
Vidro	0.8002
Plástico	0.543
Lã de Vidro	0.0135 ³
Placa cimentícia	0.491 ⁴
Aço verde ⁵	-1.100 ^{**}

*Valores médios de diversos traços de argamassa obtidos a partir de Silva (2006).

**Valor negativo indica “ganho” em relação a emissão.

Fonte: Costa (2012); ¹Silva (2006); ²Barboza et al. (2008); ³ICE (2008); ⁴Marcos (2015); ⁵Grupo Plantar (2015).

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, primeiramente é apresentado o projeto estrutural realizado pelo discente, em seguida o levantamento do quantitativo de material, as empresas que foram utilizadas para realizar o total de emissões pela queima de combustível, seguindo pelo resultado de cada caso e as comparações entre os mesmos.

7.1 Projeto Estrutural – Concreto Armado

O projeto estrutural foi realizado com a ajuda do *software Eberick V10*, da empresa *AltoQi*, seguindo as normas da NBR 6118:2014. Primeiramente, foi realizado a alocação dos pilares e vigas baldrame da infraestrutura, seguido do posicionamento correto dos pilares para alocar as vigas do pavimento térreo que suportam a laje. A laje utilizada no projeto, é o sistema mais comum encontrado, laje maciça com espessura de 8 cm. Após o lançamento da estrutura, foi processado o esquema, analisando os resultados e realizando as mudanças necessárias para que o sistema ficasse estável, sem riscos e cumprindo os requisitos na NBR 6118:2014.

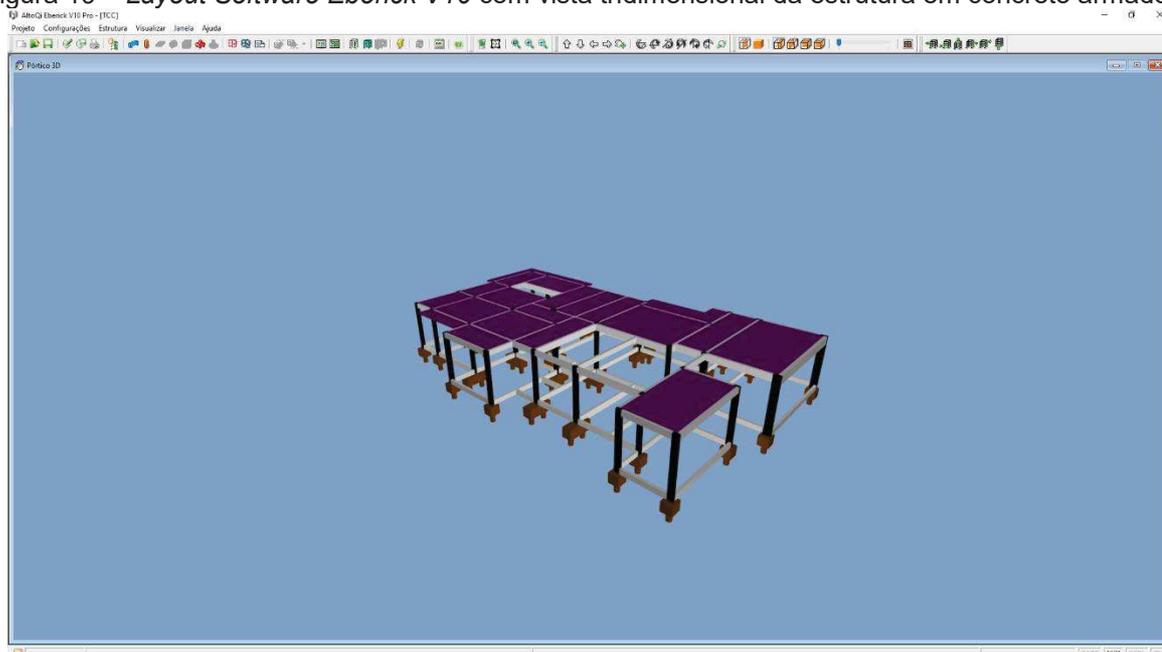
As vigas baldrame possuem a seção de 15x30cm, sendo apenas a viga V29 de seção maior, com 15x40 cm. Os pilares P32 e P31 tem sua seção de 15x45 cm, P14, P28 e P33 tem dimensão de 15x40 cm, enquanto o restante dos pilares possui seção de 15x30 cm. As dimensões das vigas estão dispostas na tabela 05. A figura 19 consta o *layout* do *software Eberick V10* com a vista tridimensional da estrutura.

Tabela 05 – Dimensões das vigas.

Viga	Dimensões (cm)
V1, V3, V5, V6, V8, V11, V12, V13, V14, V15, V16, V17, V18, V22, V28 e V32	30x15
V2, V10 e V33	35x15
V4, V7, V9, V19, V20, V21, V23, V24, V25, V26, V29 e V30	40X15
V31	45X15
V27	50X20

Fonte: Autor (2019).

Figura 19 – Layout Software Eberick V10 com vista tridimensional da estrutura em concreto armado.



Fonte: Autor (2019).

O resumo de material do projeto estrutural está disponível no apêndice A, sendo que não foram considerados os blocos e estacas na quantitativo de materiais, pois não será feita comparação com o outro método construtivo. O projeto estrutural encontra-se em anexo no CD disponível junto a este.

7.2 Fatores de Conversão

Para o levantamento exato de material que foi utilizado em cada tipo de estrutura, foi necessário utilizar algumas conversões de unidades para que houvesse o exato valor correspondente. A tabela adotada do fator de conversão foi gerada por uma média da emissão de CO₂ resultante da fase de extração e quando houver, a manufatura dos materiais, desconsiderando o valor do transporte.

A conversão do quantitativo de material levantado nos projetos estruturais para a emissão do gás em estudo, é proveniente da conversão da unidade levantada para a unidade presente na tabela, utilizando algumas conversões de peso específico. A tabela está presente no apêndice B.

O peso específico utilizado do concreto simples está contido na NBR 6120:1980, que consta o valor como 24 kN/m³. Para uma conversão para valores que utilizaremos, temos o seguinte:

$$\gamma = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Onde,

γ : Peso específico (kN/m³);

P : Peso (kN);

V : Volume (m³).

Assim, a massa específica é obtida pela equação do peso específico multiplicada pela aceleração da gravidade. Com isso é possível obter a massa específica do material por unidade de volume ou área.

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (2)$$

$$\rho = \frac{24000}{9,81} \quad (3)$$

$$\rho = 2446,48 \frac{kg}{m^3} \quad (4)$$

Onde,

ρ : Massa específica (kg/m³);

γ : Peso específico (kN/m³);

g : Aceleração da gravidade (m/s²).

O valor utilizado no caso do concreto simples, foi arredondo para aproximadamente 2400 kg/m³. Foi utilizado este método para a conversão de unidades quando necessário. Os valores das barras de aço utilizados no sistema de concreto armado foram fornecidos pela GERDAU Aço Longos (2014).

Para o levantamento da quantidade de aço utilizado na estrutura *steel frame*, foi necessário realizar a conversão do material para obter a massa específica do material pelo volume utilizado em uma barra de aço. Os perfis utilizados no sistema são o U_e e U. O primeiro corresponde aos montantes estruturais enquanto o segundo representa as guias estruturais. Também foram levantadas as chapas de *Gousset*,

que são elementos de ligação entre perfis. As chapas L são elementos de ligação que possibilitam unir elementos em diferentes situações. A fita, é um elemento travante disposto entre os montantes ou guias estruturais, enrijecendo as ligações. O valor utilizado para realizar a quantificação, foi obtido por base nas chapas de aço galvanizado da Aço Continente (2019). Os valores estão dispostos no apêndice C e uma imagem dos perfis utilizados na figura 20.

Figura 20 – Perfis estruturais sistema *steel frame*.

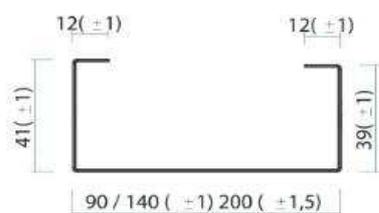
MONTANTE ESTRUTURAL

Espessura: #0,80mm – #0,95mm – #1,25mm

Dimensão: M70 / M90 / M140 / M200

Revestimento: Z275/Z350

Unidade: m / barra



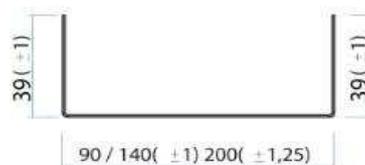
GUIA ESTRUTURAL

Espessura: #0,80mm – #0,95mm – #1,25mm

Dimensão: G70 / G90 / G140 / G200

Revestimento: Z275/Z350

Unidade: m / barra



Fonte: SMART – Sistemas Construtivos (2019).

Com isto, podemos levantar a quantidade de material utilizado em ambos os sistemas construtivos.

7.3 Levantamento de Material

Após a análise dos projetos estruturais, podemos realizar o levantamento de quantitativo. Em ambos os casos foram levantados o aço e concreto utilizado nas vigas baldrame e superestrutura. Lembrando que no sistema *steel frame*, foi utilizado

as vigas de mesmas dimensões que o sistema de concreto armado, porém, retirando as esperas dos pilares, pois a fixação das guias estruturais do *light steel frame* é feita diretamente na baldrame. A tabela 06 mostra o levantamento de material utilizado na infraestrutura do sistema convencional.

Tabela 06 – Quantitativo de material viga baldrame sistema concreto armado.

CONSUMO DE MATERIAIS - BALDRAME						
Aço CA50 (mm)	Barras (Quantidade + 10%)			Peso (kg/m)	Peso total (Barras de 12m) - [kg]	
	Vigas	Pilares	Total			
6.30	1	0	1	0.245	2.94	
8.00	57	0	57	0.395	270.18	
10.00	20	9	29	0.617	214.72	
12.50	8	4	12	0.963	138.67	
16.00	0	5	5	1.578	94.68	
Aço CA60 (mm)	Barras (Quantidade + 10%)			Peso (kg/m)	Peso total (Barras de 12m) - [kg]	
	Vigas	Pilares	Total			
5.00	89	6	95	0.154	175.56	
TOTAL DE AÇO (Kg)					896.75	
TOTAL DE AÇO (t)					0.90	
Concreto	VOLUME (Quantidade + 10%) - [m³]			Peso (Kg/m³)	Peso total (kg)	
	Vigas	Pilares	Total			
C-25	8.4	0.7	9.1	2400	21840.00	
TOTAL DE CONCRETO (Kg)					21840.00	
TOTAL DE CONCRETO (t)					21.84	

Fonte: Autor (2019).

Foi realizado o levantamento do material da superestrutura utilizado no concreto armado, fornecido na tabela 07.

Tabela 07 – Quantitativo de material utilizado na superestrutura do sistema concreto armado.

CONSUMO DE MATERIAIS - TÉRREO							
Aço CA50 (mm)	Barras (Quantidade + 10%)				Peso (kg/m)	Peso total (Barras de 12m) - [kg]	
	Vigas	Pilares	Laje	Total			
6.30	7	1	66	74	0.245	217.56	
8.00	10	0	87	97	0.395	459.78	
10.00	42	36	16	94	0.617	695.98	
12.50	23	22	0	45	0.963	520.02	
16.00	0	11	0	11	1.578	208.30	
Aço CA60 (mm)	Barras (Quantidade + 10%)				Peso (kg/m)	Peso total (Barras de 12m) - [kg]	
	Vigas	Pilares	Laje	Total			
5.00	85	82	108	275	0.154	508.20	
TOTAL DE AÇO (Kg)					2609.83		
TOTAL DE AÇO (t)					2.610		

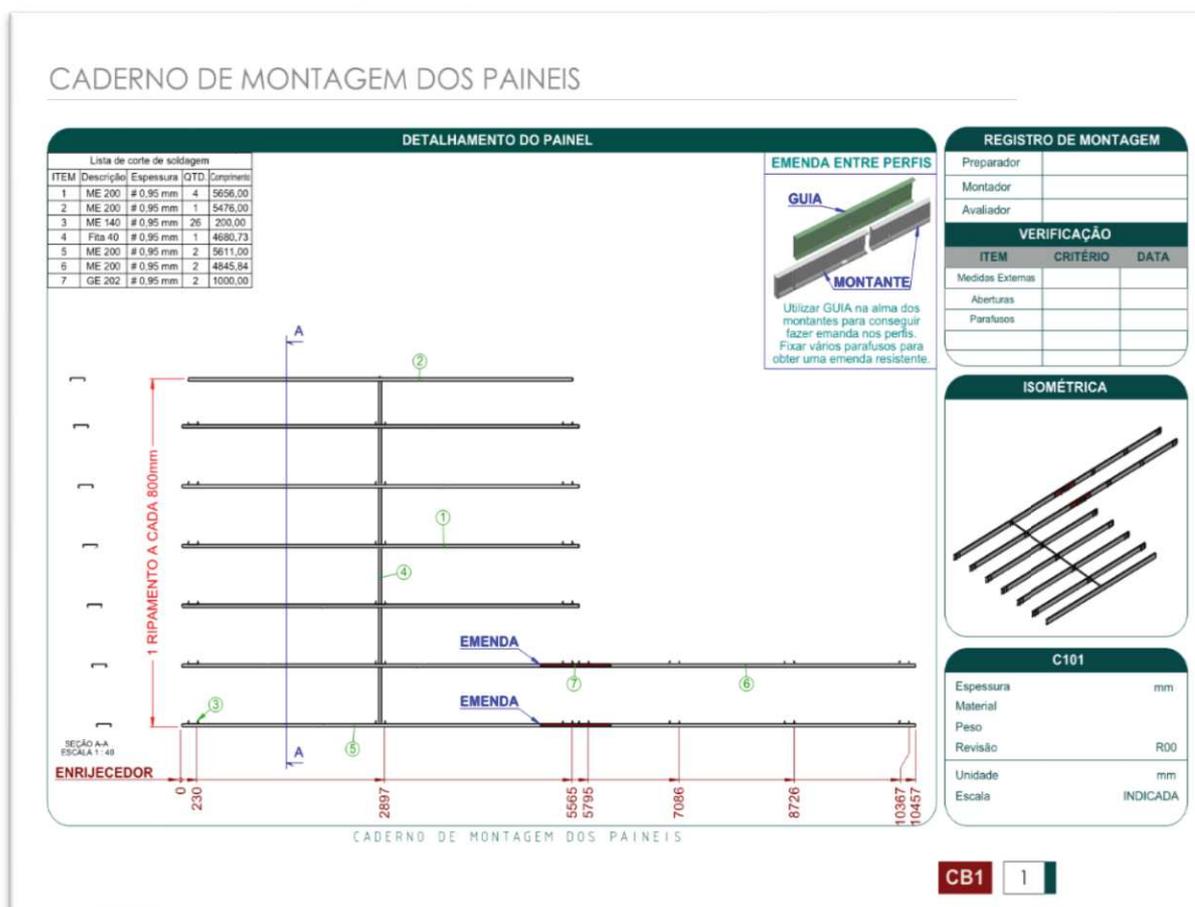
Tabela 07 – Quantitativo de material utilizado na superestrutura do sistema concreto armado, continuação.

Concreto	VOLUME (Quantidade + 10%) - [m ³]				PESO (Kg/m ³)	Peso total (kg)
	Vigas	Pilares	Laje	Total		
C-25	10.3	5.2	18.7	34.2	2400	82080
TOTAL DE CONCRETO (Kg)						82080.00
TOTAL DE CONCRETO (t)						82.08

Fonte: Autor (2019).

Para o levantamento do sistema *steel frame*, foi utilizado o projeto fornecido pela arquiteta que preferiu não ser identificada, a figura 21 representa o caderno de montagem que foi utilizado para o levantamento do material utilizado na estrutura, tendo assim os dados apresentados nas tabelas 08 e 09. O projeto completo em formato de caderno de montagem encontra-se em anexo ao CD disponibilizado com o trabalho.

Figura 21 – Caderno de montagem dos painéis *steel frame*.



Fonte: Arquiteto responsável (2016)

Tabela 08 – Quantitativo de material utilizado na baldrame no sistema *steel frame*.

CONSUMO DE MATERIAIS - BALDRAME				
Aço CA50 (mm)	Barras (Quantidade + 10%)		Peso (kg/m)	Peso total (Barras de 12m) - [kg]
	Vigas	Total		
6.30	1	1	0.245	2.94
8.00	57	57	0.395	270.18
10.00	20	20	0.617	148.08
12.50	8	8	0.963	92.45
16.00	0	0	1.578	0.00
Aço CA60 (mm)	Barras (Quantidade + 10%)		Peso (kg/m)	Peso total (Barras de 12m) - [kg]
	Vigas	Total		
5.00	89	89	0.154	164.47
TOTAL DE AÇO (Kg)				678.12
TOTAL DE AÇO (t)				0.68
Concreto	Volume (Quantidade + 10%) - [m ³]		Peso (Kg/m ³)	Peso total (kg)
	Vigas	Total		
C-25	8.4	8.4	2400	20160.00
TOTAL DE CONCRETO (Kg)				20160.00
TOTAL DE CONCRETO (t)				20.16

Fonte: Autor (2019).

Tabela 09 – Quantitativo de material utilizado na superestrutura no sistema *steel frame*.

Material	Unidade	Peso/unidade (kg/unidade)	Quantidade + 10%	Peso Total (kg)
CHAPA L 192	Peça	5.1756	37	191.50
CHAPA DE GOUSSET 180	Peça	0.2517424	181	45.57
FITA 40	m	0.304	345	104.88
FITA 90	m	0.684	812	555.41
GUIA ESTRUTURAL 92	Barras	7.752	103	798.46
MONTANTE ESTRUTURAL 90	Barras	8.8464	361	3193.55
GUIA ESTRUTURAL 142	Barras	10.032	40	401.28
MONTANTE ESTRUTURAL 140	Barras	11.1264	49	545.19
GUIA ESTRUTURAL 142	Barras	13.2	5	66.00
MONTANTE ESTRUTURAL 140	Barras	14.64	47	688.08
GUIA ESTRUTURAL 202	Barras	12.768	3	38.30
MONTANTE ESTRUTURAL 200	Barras	13.8624	40	554.50
TOTAL DE AÇO (kg)				7182.71
TOTAL DE AÇO (t)				7.182710574

Fonte: Autor (2019).

Com isto, é possível determinar a quantidade de CO₂ emitido pelo transporte dos materiais, sendo possível determinar a emissão do gás poluente pelos dois casos e realizar as comparações necessárias.

7.4 Fator Emissão pelo Transporte

Para a emissão proveniente do transporte dos materiais utilizados em ambos os sistemas construtivos, com o auxílio do programa *Google Maps*® foi obtido a distância percorrida pelo caminhão, multiplicada por 2, definindo assim a ida e volta do caminhão. O consumo médio de diesel da frota nacional foi obtido pelo trabalho de Cruvinel, Pinto e Granemann, com o valor do consumo de 2,75 Km/L. O valor de emissão de CO₂ por litro de combustível em questão foi obtido pela tabela do GHG Protocol (2016) é de 2,681 kgCO₂/L. Assim, temos a seguinte equação:

$$Emissão\ CO_2 = \left[\frac{\text{distância percorrida}}{\text{consumo}} \right] * \text{fator de emissão} \quad (5)$$

Assim, o consumo total foi dividido pela capacidade de carga média da frota nacional de caminhões (41,5 ton), para obtermos o valor de emissão de CO₂ por tonelada de material consumo. O resumo dos dados obtidos está disposto na tabela do apêndice D.

7.5 Emissão de CO₂ por Sistema Construtivo

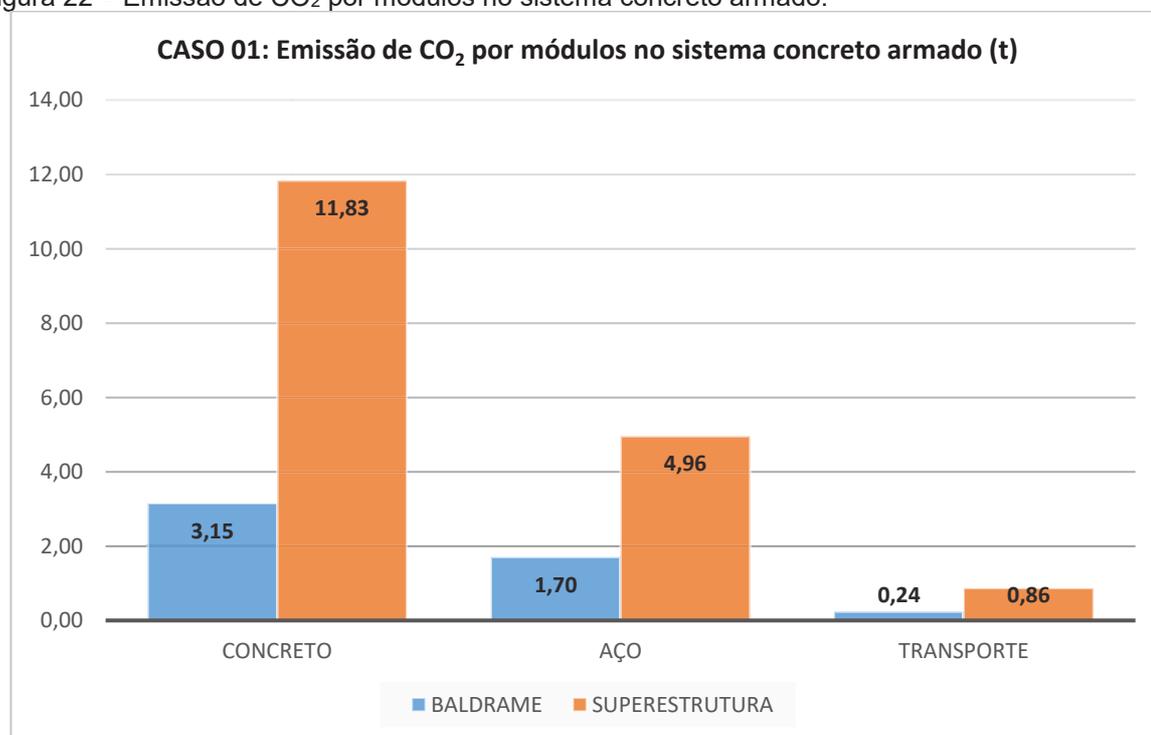
Com o quantitativo de materiais, a emissão pelo transporte e pela extração/manufatura de cada item, foi realizado o quantitativo de emissão de CO₂ no caso 01 estão dispostos na tabela 10, onde o sistema de concreto armado e *steel frame* não utilizam o aço verde em sua estrutura.

Tabela 10 – Caso 01: Consumo e emissão de CO₂ sem utilização do aço verde.

CONSUMO DE MATERIAL				
ITEM	CONCRETO ARMADO		STEEL FRAME	
	BALDRAME	SUPERESTRUTURA	BALDRAME	SUPERESTRUTURA
CONCRETO (m ³)	9.10	34.20	8.40	-
CONCRETO (t)	21.84	82.08	20.16	-
AÇO (t)	0.90	2.61	0.68	7.18
EMISSÃO DE CO ₂ (ton)				
ITEM	CONCRETO ARMADO		STEEL FRAME	
	BALDRAME	SUPERESTRUTURA	BALDRAME	SUPERESTRUTURA
CONCRETO	3.15	11.83	2.91	0.00
AÇO	1.70	4.96	1.29	13.65
TRANSPORTE	0.24	0.86	0.21	0.30
TOTAL MÓDULO	5.09	17.65	4.41	13.95
TOTAL	22.74		18.36	

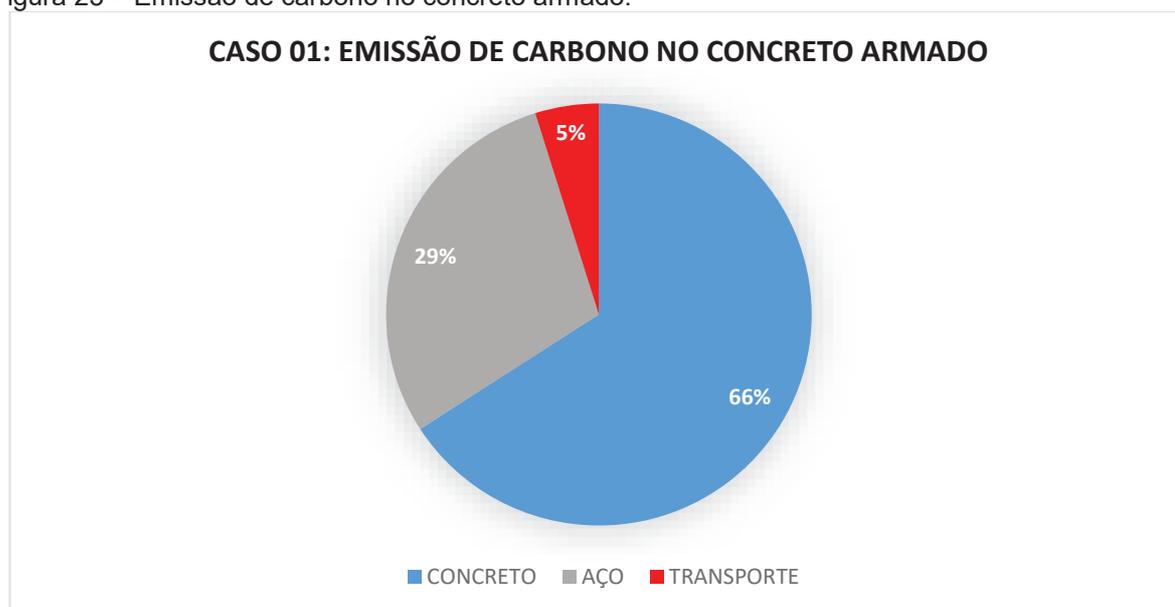
Fonte: Autor (2019).

Assim, podemos gerar gráficos para melhor análise dos sistemas, mostrando ganhos e perdas em cada tipo de sistema. As figuras 22 e 23 representam os dados apresentados na tabela 10 do sistema convencional de estrutura.

Figura 22 – Emissão de CO₂ por módulos no sistema concreto armado.

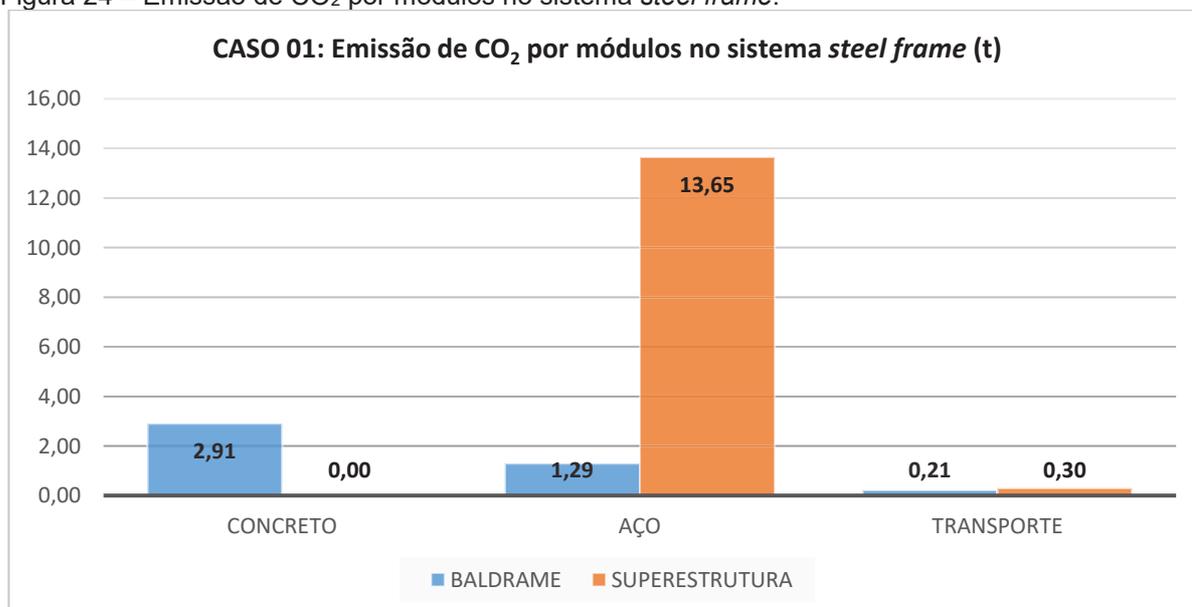
Fonte: Autor (2019).

Figura 23 – Emissão de carbono no concreto armado.

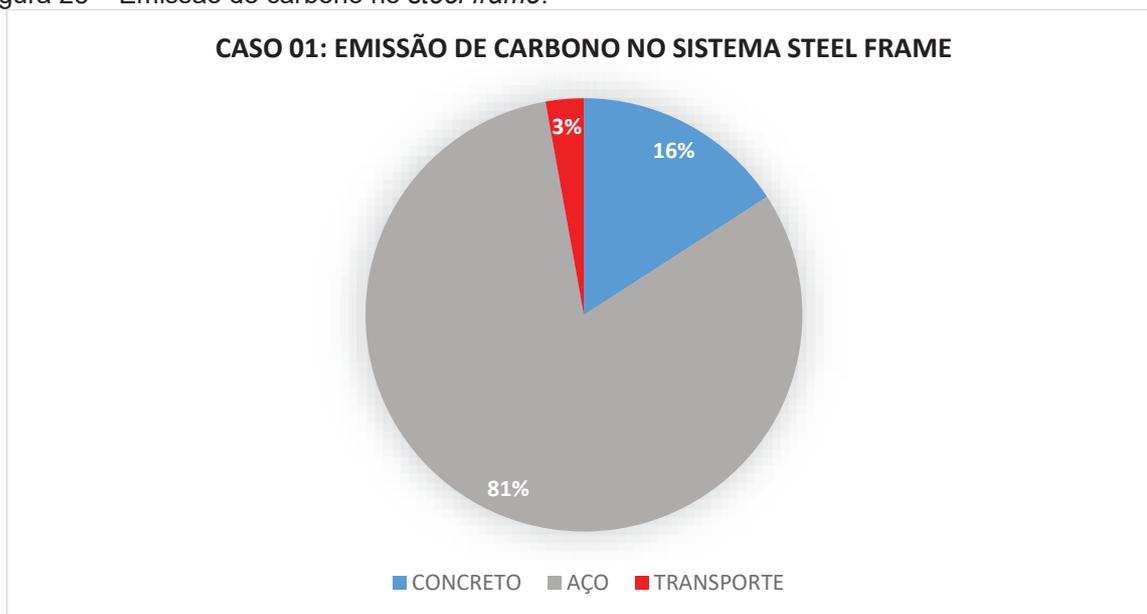


Fonte: Autor (2019).

Assim, concluímos que o concreto é responsável por 66% dos totais 22,74 tCO₂ da construção inteira. O concreto utilizado na superestrutura representa 52% das emissões. As figuras 24 e 25 representam os dados da tabela 10 no sistema *steel frame*, sem utilização do aço verde.

Figura 24 – Emissão de CO₂ por módulos no sistema *steel frame*.

Fonte: Autor (2019).

Figura 25 – Emissão de carbono no *steel frame*.

Fonte: Autor (2019).

Neste sistema, o responsável pela maior emissão é o *steel frame*, onde representa aproximadamente 81% dos totais 18,36 tCO₂. O aço utilizado na superestrutura é o maior responsável pela emissão do GEE. Mesmo com menor quantidade em massa utilizado pelo sistema *steel frame* (28,02t contra 107,43t do concreto armado), devido ao aço utilizar a maior quantidade de energia para a manufatura do minério de ferro, possui uma maior emissão por massa utilizada. Para a mesma residência, temos uma redução de 19,28% da emissão de CO₂ na estrutura.

Para o caso 02, os sistemas estruturais utilizam aço verde em sua composição para comparar com o caso 01, e verificar se há ganhos ambientais na substituição do aço convencional pelo verde. A tabela 11 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 11 – Caso 02: Consumo e emissão de CO₂ com utilização de aço verde.

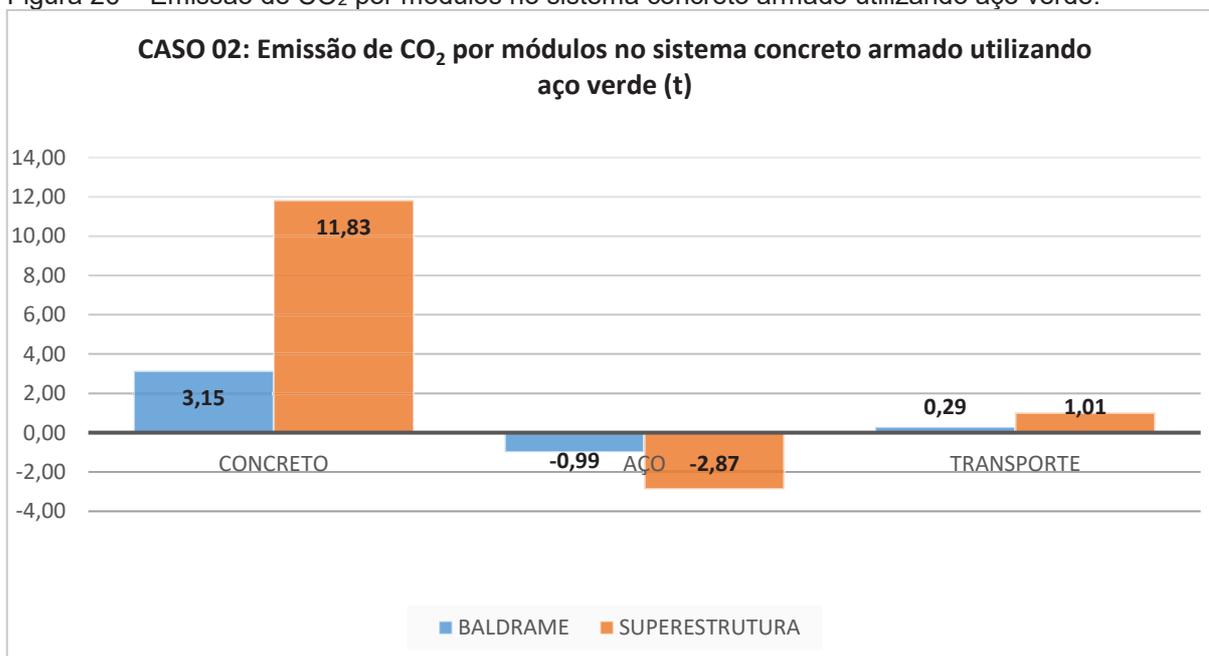
CONSUMO DE MATERIAL				
ITEM	CONCRETO ARMADO		STEEL FRAME	
	BALDRAME	SUPERESTRUTURA	BALDRAME	SUPERESTRUTURA
CONCRETO (m ³)	9.10	34.20	8.40	-
CONCRETO (t)	21.84	82.08	20.16	-
AÇO (t)	0.90	2.61	0.68	7.18
EMISSÃO DE CO₂ (ton)				
ITEM	CONCRETO ARMADO		STEEL FRAME	
	BALDRAME	SUPERESTRUTURA	BALDRAME	SUPERESTRUTURA
CONCRETO	3.15	11.83	2.91	0.00
AÇO	-0.99	-2.87	-0.75	-7.90
TRANSPORTE	0.29	1.01	0.25	0.72

Tabela 11 – Caso 02: Consumo e emissão de CO₂ com utilização de aço verde, continuação.

ITEM	CONCRETO ARMADO		STEEL FRAME	
	BALDRAME	SUPERESTRUTURA	BALDRAME	SUPERESTRUTURA
TOTAL MÓDULO	2.45	9.98	2.41	-7.18
TOTAL	12.43		-4.77	

Fonte: Autor (2019).

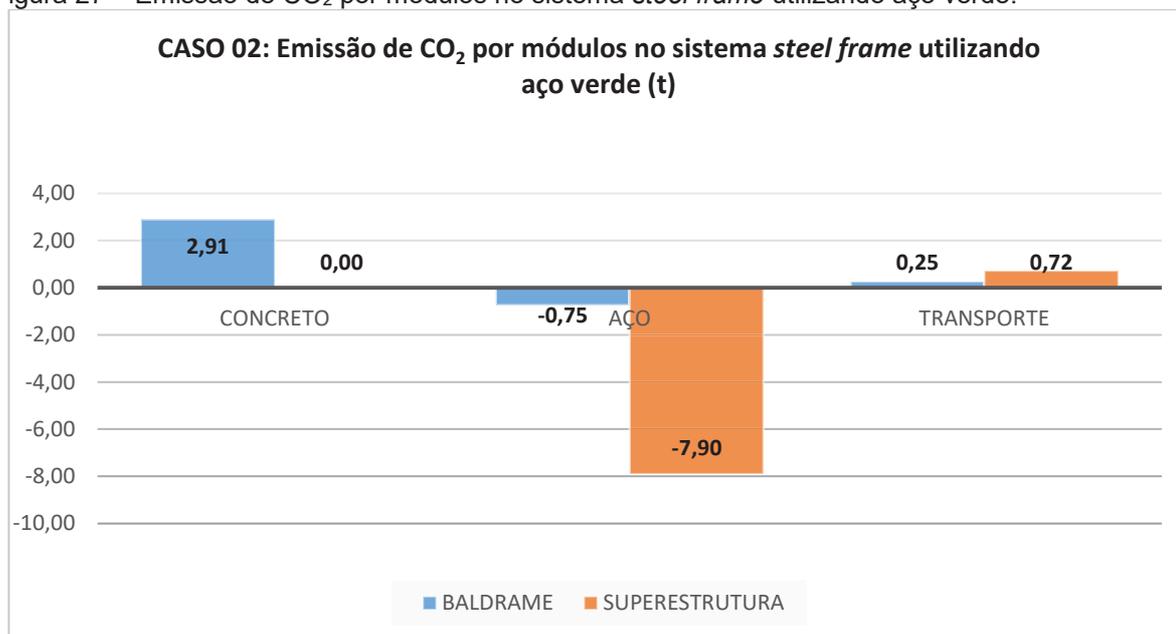
Assim, podemos gerar gráficos para melhor análise do caso 02, mostrando ganhos e perdas em cada tipo de sistema. A figura 26 representa os dados apresentados na tabela 11 do sistema convencional de estrutura com aço verde. Comparando com o caso 01 de sistema convencional o ganho é de 45,35%, embora haja um aumento na emissão devido ao transporte (15,65%), ainda há ganhos expressivos com a utilização do material em questão. O aço verde não é encontrado facilmente na região, necessitando assim que seja trazido de uma região afastada do local do estudo. Valores negativos indicam ganhos ambientais (recuperação de CO₂ por florestas plantadas).

Figura 26 – Emissão de CO₂ por módulos no sistema concreto armado utilizando aço verde.

Fonte: Autor (2019).

A figura 27 representa a utilização de aço verde no sistema *steel frame*, onde os dados são apresentados de forma gráfica.

Figura 27 – Emissão de CO₂ por módulos no sistema *steel frame* utilizando aço verde.



Fonte: Autor (2019).

Assim observa-se uma redução de 100% na emissão de CO₂ no sistema *steel frame* com uma recuperação na emissão de carbono na casa de 4,77 t. Porém, há um aumento na emissão durante o transporte, na casa de 46,95%, devido a distância do local de manufatura do aço verde. Na superestrutura de concreto armado, observa-se uma redução de 46,63% na emissão de CO₂, enquanto a superestrutura de *steel frame* consegue mitigar a emissão e ainda recuperar 7,90 t do gás poluente.

8 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, pode-se observar que a emissão de CO₂ ainda é um dos graves problemas ambientais potencializado pelas construções de alvenaria convencional. Este problema poderia ser reduzido com a maior difusão da utilização do *steel frame*, ou então a utilização do aço verde nas armaduras do concreto armado.

Embora o transporte para o aço verde seja um dos pontos negativos da utilização do mesmo, ainda é mais vantajoso para o meio ambiente a utilização do mesmo, visto que, no sistema *steel frame* há a mitigação da emissão do gás poluente em questão, sendo uma alternativa para o Brasil utilizar nos fóruns mundiais e incentivar as empresas de metalurgia a utilizar o aço proveniente de carvão vegetal nas suas manufaturas.

A pesquisa teve como intenção buscar um aprofundamento da utilização do sistema *steel frame*, comparando-o com o sistema convencional para conseguir contribuir com diminuição às alterações ambientais e obtenção dos *green seals* para novas construções. A utilização do aço verde no concreto armado, sendo ser uma alternativa viável sua utilização, não possui a intenção de mitigar a emissão do gás poluente, porém, contribui para a melhora do meio ambiente.

O aço verde também seria uma proposta para obtenção de créditos de carbono, por meio do MDL, pois além da redução de carbono emitido pela obtenção do aço, faz a mitigação da emissão do gás poluente, trazendo vantagens ambientais e financeiras para o país.

A sugestão para estudos futuros é o impacto da utilização de carvão vegetal de origem de reflorestamentos para fabricação de cerâmicas, da utilização de madeiras de reflorestamentos em coberturas, verificação do custo ao empreendedor em utilizar o aço verde em relação ao convencional e demais alternativas para a mitigação do gás do efeito estufa, além da obtenção dos selos verdes para novas construções.

9 REFERENCIAS

_____. AÇO CONTINENTE. **Chapa Zincada (Galvanizada)**. 2019. Disponível em: <<http://www.acoscontinente.com.br/secao/40/chapa-zincada-galvanizada>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

_____. BLASCHAK COAL CORP. **Comparative carbon footprints of metallurgical coke and anthracite for blast furnace and electric arc furnace use**. Archival Report. Sep/2015.

_____. BM&F BOVESPA. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. [s.n]. Disponível em: <<http://www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/MBRE/mecanismo.asp>>. Acesso em: 16 set. 2018.

_____. BRASIL, Ministério de Minas e Energia – MME. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2017: Ano-Base 2016**. Brasília. 2017.

_____. CONAMA. Resolução N°307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 05 out. 2018.

_____. GERDAU AÇOS LONGOS. **Catálogo de Barras e Perfis**. 2014. Disponível em: <<http://www.acobril.com.br/wp-content/uploads/2014/01/catalogo-barras-e-perfis-gerdau.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2019.

_____. GRUPO FERROESTE. **Aço Verde do Brasil**. Artigo técnico. 2017. Disponível em: <<http://www.ferroeste.com.br/noticias/142/aco-verde-do-brasil>>. Acesso em: 01 out. 2018.

_____. **ICE Inventory of Carbon and Energy**, University of Bath, 2008.

_____. INSTITUTO AÇO BRASIL (IaBr). 2015. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/>>. Acesso em 02 out. 2018.

_____. INSTITUTO AÇO BRASIL (IaBr). **Relatório de Sustentabilidade do Instituto**. 2018. Disponível em: <

<http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/assets/pdfs/A%C3%A7o%20Brasil%20%C2%BB%20Completo.pdf> >. Acesso em 02 out. 2018.

_____. MINEROPAR, INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ. **Cimento**. 2011. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=162> >. Acesso em: 28 set. 2018.

_____. NBR 15575-1: **Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1980.

_____. SECIL-GROUP. **Processo de Fabrico de Cimento**. 2016.

_____. SMART – SISTEMAS CONSTRUTIVOS. **Linha Light Steel Framing**. Disponível em: <<https://www.smartsistemasconstrutivos.com.br/linha-light-steel-framing/>>. Acesso em: 20 mar. 2019. Ponta Grossa, 2019.

ARAUJO, A. C. P.. **Como Comercializar Créditos de Carbono**. Trevisan Editora Universitária, 7ª ed. São Paulo, 2010.

ARAUJO, Alexandre F. **A Aplicação da Metodologia de Produção Mais Limpa: Estudo em uma empresa do setor de construção civil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AROEIRA, Luiz. **Créditos de carbono no Brasil**. Artigo. 2010. Disponível em: <<http://planetaorganico.com.br/site/index.php/creditos-de-carbono-no-brasil-2/> >. Acessado em: 15 set. 2018.

BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. (622 p.).

BAPTISTA Jr, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. **Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem de resíduos de pequenas obras.** Urbe.

Revista Brasileira de Gestão Urbana, v.5, n.2, p. 27-37, jul/dez. 2013.

BARBIERI, E. **Desenvolver ou preservar o ambiente?** Artigo. São Paulo: Cidade Nova, 1996.

BARBOZA, M. R.; BASTOS, P. S. Traços de concreto para obras de pequeno porte. **Concreto e Construção**, v.XXXVI, IBRACON, p.32-36, 2008.

BORJA, A. G. B.; RIBEIRO, F. L. **Crédito de Carbono: Da Estruturação do Protocolo de Kyoto à Implementação das Atividades de Projetos MDL.** Revista de Economia da UEG, Anápolis/Goiás, V. 3, n.º 1, jan/jun 2007.

BRASIL, Resolução CONAMA nº20, de 18 de junho de 1986. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Publicado no D.O.U. de 30 julho 1986.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p. (Série Legislação Brasileira).

BRASIL. LEI n. 6983, de 31 de ago. de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. **PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente.** João Figueiredo. 1. ed. Brasília, p. 1-20, jan. 2010. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 01 out. 2018.

BRITO, José Otávio. **Carvão Vegetal no Brasil: Gestões Econômicas e Ambientais.** Estudos Avançados 4 (9). São Paulo Energia, nº 64, maio/junho de 1990.

CAIXA. **Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aços revestidos – Requisitos e condições mínimos para financiamento pela Caixa / Caixa Econômica Federal.** – Brasília, DF. 2003.

CALAZANS, Marcelo; GILBERTSON, Tamra. **Queimando Eucalipto: o caso da Plantar.** 2009. Artigo. Disponível em: <<https://cineclubedesertoverdedotorg2.wordpress.com/about/queimando-eucalipto-o-caso-da-plantar/>>. Acessado em: 30 set. 2018.

CAMIOTO, Flávia de Castro; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento. **Análise da contribuição ambiental por meio da alteração da matriz energética do setor brasileiro de ferro-gusa e aço.** Artigo. Gest. Prod. vol.21 no.4 São Carlos out/dez. 2014.

CARNEIRO, A. C. O.; BARCELLOS, D. C.; SANTOS, R. C. **Treinamento carvão vegetal: apostila teórica e prática.** Viçosa-MG, 2011. 129p.

CAVALCANTI, Pedro Porto Silva. **Gestão Ambiental na indústria siderúrgica – Aspectos relacionados às emissões atmosféricas.** TCC. Universidade Federal do rio de Janeiro. Set/2012.

CHANG, Manyu. **Sequestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil.** Artigo. R. paran. Desenv., Curitiba, n. 102, p. 85-101, jan./jun. 2002.

CHAU, C.k.; LEUNG, T.m.; NG, W.y.. **A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings.** Applied Energy, [s.l.], v. 143, p.395-413, abr. 2015. Elsevier BV.

COLAÇO, Luís Manuel de Miranda. **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído: Impacto e Materiais dos Edifícios,** 2008, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Portucalense, Portugal, 2008.

COSTA, Bruno, C. **Quantificação das Emissões de CO2 geradas na Produção de Materiais Utilizados na Construção Civil no Brasil.** (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CRUVINEL, R. R. S., PINTO, P. V. H. and GRANEMANN, S. R. (2012) **Mensuração econômica da emissão de CO2 da frota dos transportadores autônomos de cargas brasileiros.** Journal of Transport Literature, vol. 6, n. 2, pp. 234-252.

DA SILVA, Angelina D. B. et al. **Pesquisa sobre efeito estufa numa visão interdisciplinar: Física, Biologia e Química.** 2014. Disponível em: < <http://wwwp.fc.unesp.br/~lavarda/procie/dez14/angelina/index.htm> >. Acesso em 28 set. 2018.

FERREIRA, R. **Cimento Portland.** PUC Goiás. 2013. Disponível em: < http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/puc_maco2_02_cimento.pdf > Acesso em: 10 out. 2018.

FILHO, H. M.; SABBAG, B. K. **Classificação da Natureza Jurídica do Crédito de Carbono e Defesa da Isenção da Tributária Total às Receitas Decorrentes da Cessão de Créditos de Carbono Como Forma de Aprimorar o Combate ao Aquecimento Global.** Artigo. Set/2009.

FREITAS, Luciano Charlita de; KANEKO, Shinji. **Decomposing the decoupling of CO2 emissions and economic growth in Brazil.** Artigo. 2011. Ecological Economics. Hiroshima University 1-5-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japão.

GHATTAS, Randa. et al; **Life Cycle Assessment for Residential Buildings: A Literature Review and Gap Analysis.** 2013. Concrete Sustainability Hub. Artigo. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.

GRUPO PLANTAR. **Plantar Carbon, valor para um clima sustentável.** Artigo. São Paulo, Fev/2013.

HOUGHTON, R. A. **As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais.** Artigo. Revista: EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO2 – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGES – IPCC. **Climate Change 2014 – mitigation of climate change.** 2014. Working group III. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation.** Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura.** 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=series-historicas>>. Acesso em: 30 set. 2018.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (Título de Docente Livre) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LERÍPIO, Alexandre. **Gaia: um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LOPES, Natália Lima; et al. **Aço Verde Brasileiro**. 2018. Artigo. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/download.php?tabela=documentos&id=1113&leitura=s>>. Acessado em 01 out. 2018.

MACHADO, Pedro L. O. de A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global**. Revista Química Nova, São Paulo, v.28, n.2, p. 329-334, mar. 2005.

MAGALHÃES, Luciana. N; SANTOS, Paulo. R. **A Madeira laminada colada como material de construção sustentável**. Artigo. Revista Construindo, Belo Horizonte, v.1, n.2, p.25-27, dez. 2009.

MARCOS, M. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento de projeto, através do uso de ferramenta BIM**. 2015.150f. Tese de doutorado - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. Editora Elsevier, 2003 – 4ª reimpressão, Rio de Janeiro.

NOVAES, Washington. **Eco-92: avanços e interrogações**. Estudos Avançados, 6(15). 1992.

OLIVEIRA, V. C. H. C.; DAMINELI, B. L.; AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **Estratégias para a minimização da emissão de CO₂ de concretos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 167-181, out/dez. 2014.

PADE, C.; GUIMARÃES, M. **The CO₂ Uptake of Concrete in a 100 Year Perspective**. Artigo. Cement and Concrete Research, v. 37, n. 9, p. 1348-1356, set. 2007.

PEDROSO, Gilson Marafiga. **Avaliação de ciclo de vida energético (ACVE) de sistemas de vedação de habitações**. 2015. xvii, 226 f., il. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

RENNER, Rosana Maria. **Seqüestro de Carbono e viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. Artigo. 2004. UFRGS.

ROCHA, José Dilcio. **O Carvão Vegetal no Brasil e a produção de aço verde**. Artigo. 2011. Disponível em: <
<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24190&secao=Artigos%20Especiais>>. Acessado em: 01 out. 2018.

SAID, Acef Antônio; DZIEDZIC, Maurício. **A importância da utilização de Créditos de Carbono no Brasil**. Artigo. 2007. IX ENGEMA – ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE. Curitiba, novembro de 2007.

SANT'ANNA, Lindsay Teixeira; et al. **Mercado de Carbono: Oportunidades com o sequestro de carbono florestal e aterro sanitário no Brasil e União Europeia**. [s.n].

SANTOS, Angela dos; AGUIRRE, Débora CANALLI Natália; **O Ciclo de Vida das Edificações**. 2016. Artigo. 5º Seminário Internacional de Construções Sustentáveis. Arquitetura e Urbanismo, NEPES, IMED, Brasil.

SANTOS, Sueli de Fátima de Oliveira Miranda and HATAKEYAMA, Kazuo. **Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural**. *Prod.* [online]. 2012, vol.22, n.2, pp.309-321. Epub Mar 06, 2012. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000010>. Acessado em: 15 set. 2018

SATO, C. E.; AZEVEDO, E. M. **Créditos de Carbono no Contexto da Comercialização de Energia Elétrica**. Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, No. 2, 2º Sem. 2008.

SILVA, F. I. A.; GUERRA, S. M. G. **Analysis of the energy intensity evolution in the Brazilian industrial sector - 1995 to 2005**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 13, n. 9, 2009.

SILVA, Laura Auxiliadora Martins. **Crédito de Carbono: Reflexões ambientais e econômicas para o mercado Brasileiro**. Artigo. 2011. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO CAMPUS CUIABÁ – BELA VISTA. Cuiabá. Ago/2011.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

SIMÕES, A. F.; LA ROVERE, E. L. **Energy sources and global climate change: the Brazilian case**. Energy Sources Part A: Recovery, Utilization & Environmental Effects, v. 30, n. 14-15, p. 1327-1344, 2008.
<http://dx.doi.org/10.1080/15567030801928854>. Acessado em 07 set. 2018

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO FERRO NO ESTADO DE MINAS GERAIS (SINDIFER). **Anuário Estatístico 2016**. Brasil. Minas Gerais. 2016.

SISTER, G. **Mercado de Carbono e Protocolo de Quioto – Aspectos Negociais e Tributação**. Elsevier Editora Ltda, 2007, Rio de Janeiro.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. **O uso de carvão vegetal na indústria brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas**. Revista Brasileira de Energia, v. 14, n. 2, p. 67-85, 2008.

UNFCCC. **United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Protocolo de Kyoto**. 1992. Disponível em: <
<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> >. Acesso em: 18 set 2018.

ZULAUF, Werner E. **O meio ambiente e o futuro**. Estudos avançados 14. Artigo. 2000.

APÊNDICE A – RESUMO DE MATERIAIS CONCRETO ARMADO

Pavimento	Elemento	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)	Peso treliças (kg)
terreo	Vigas	829.7	10.3	163.7	80.6	
	Pilares	881.6	5.2	102.0	170.0	
	Lajes	914.3	18.7	195.0	49.0	
	Total	2625.7	34.1	460.7	76.9	0.0
Baldrame	Vigas	614.6	8.4	139.0	73.4	
	Pilares	271.0	0.7	13.1	406.1	
	Total	885.7	9.0	152.1	98.0	0.0

Aço	Diâmetro (mm)	Quantidade + 10 % (Barras)			
		Vigas	Pilares	Lajes	Total
CA50	6.3	8	1	66	75
CA50	8.0	67		87	154
CA50	10.0	62	45	16	123
CA50	12.5	31	26		57
CA50	16.0		21		21
CA60	5.0				

Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10 % (kg)			
		Vigas	Pilares	Lajes	Total
CA50	6.3	19.0	1.0	193.4	213.4
CA50	8.0	312.0		407.7	719.6
CA50	10.0	450.8	327.8	116.2	894.8
CA50	12.5	345.3	286.4		631.7
CA50	16.0		376.8		376.8
CA60	5.0	317.3	160.7	197.0	675.0

		Vigas	Pilares	Lajes	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	1127.1	992.0	717.2	2836.4
	CA60	317.3	160.7	197.0	675.0
	Total	1444.4	1152.7	914.3	3511.3
Volume concreto (m³)	C-25	18.7	5.9	18.7	43.2
Área de forma (m²)		302.7	115.1	195.0	612.8
Consumo de aço (kg/m³)		77.4	197.0	49.0	81.3

APÊNDICE B – TABELA DE EMISSÃO DE CO₂ POR MATERIAL

Produto	Unidade	tCO ₂ /unid
Cimento	t	0.6518
Agregado Graúdo	t	0.0722
Agregado Miúdo	t	0.0719
Gesso	m ³	0.3424
Gesso (placas)	m ³	0.4694
Aço	t	1.9000
Alumínio	t	3.8512
Argamassa (MÉDIA)*	t	0.1630
Cerâmica (tijolos e telhas)	t	0.0943
Cerâmica (revestimento)	t	0.0943
Concreto (15MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.31
Concreto (20MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.338
Concreto (25MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.346
Concreto (30MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.363
Concreto (35MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.381
Concreto (40MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.395
Concreto (45MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.409
Concreto (50MPa com cimento CP II - F - 32)	m ³	0.424
MDF, chapa de fibra, MDP, OSB, HDF	m ³	0.2582
Vidro	t	0.8002
Plástico	t	0.543
Lã de Vidro	m ³	0.0135
Placa cimentícia	m ³	0.491
Aço verde	t	-1.1

APÊNDICE C – TABELA DE MATERIAL UTILIZADO NO STEEL FRAME

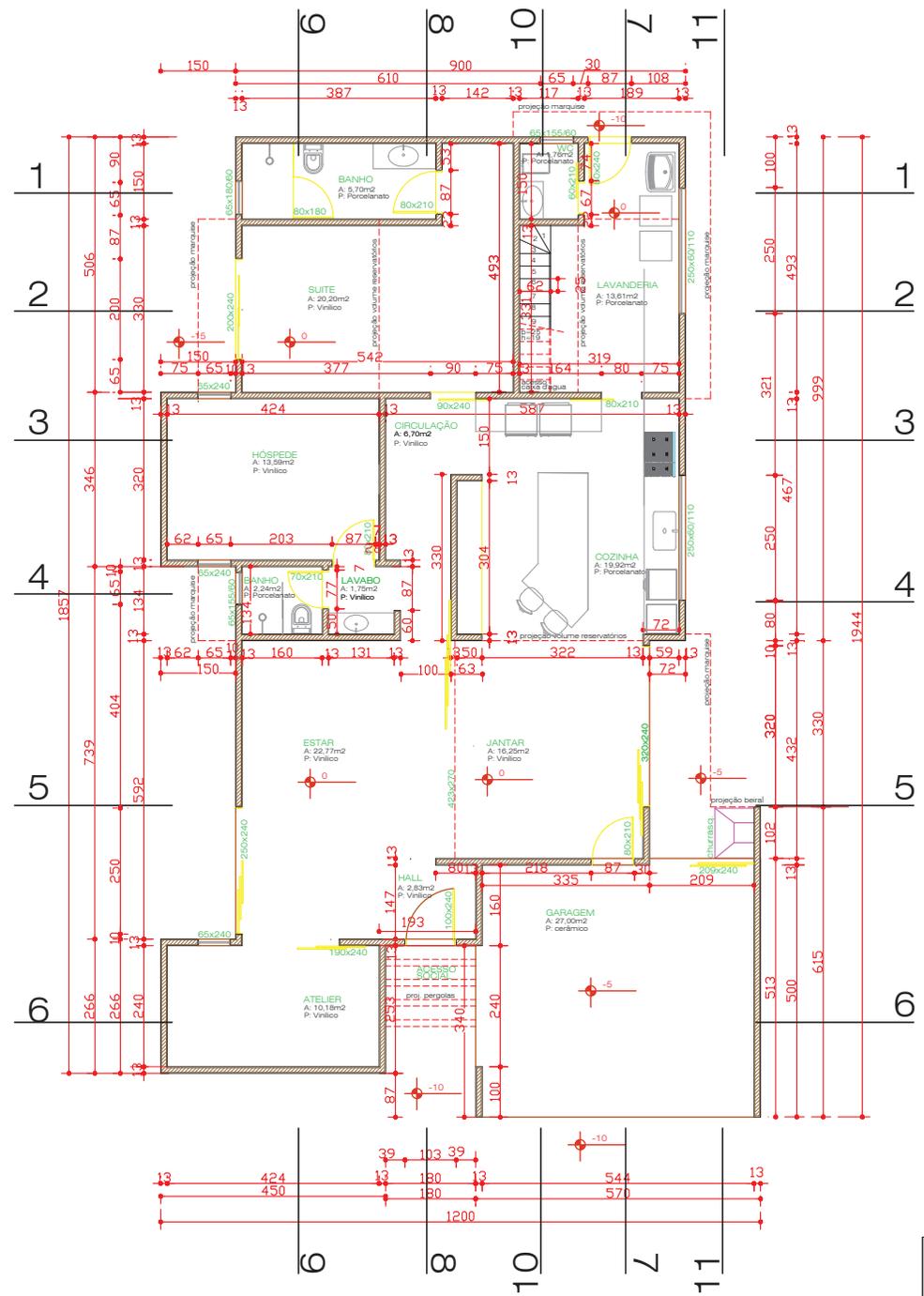
Material	REF - DIMENSÕES (mm)	Área material (m ²)	Unidade	Espessura (mm)	Peso chapa de aço galvanizado (Kg/m ²)	Peso / unidade (Kg / unidade)
CHAPA L 192	L192 - 35 X 192	0.681	Peça – 3m	0.95	7.6	5.1756
CHAPA DE GOUSSET 180	182 X 182	0.033124	Peça	0.95	7.6	0.2517424
FITA 40	F40	0.04	m	0.95	7.6	0.304
FITA 90	F90	0.09	m	0.95	7.6	0.684
GUIA ESTRUTURA L 92	G92 Mesa = 40 Alma = 90	1.02	Barras – 6m	0.95	7.6	7.752
MONTANTE ESTRUTURA L 90	M90 Abas = 12 Mesa ≅ 40 Alma = 90	1.164	Barras – 6m	0.95	7.6	8.8464
GUIA ESTRUTURA L 142	G142 Mesa = 40 Alma = 141	1.32	Barras – 6m	0.95	7.6	10.032
MONTANTE ESTRUTURA L 140	M140 Abas = 12 Mesa ≅ 40 Alma = 140	1.464	Barras – 6m	0.95	7.6	11.1264
GUIA ESTRUTURA L 142	G142 Mesa = 40 Alma = 142	1.32	Barras – 6m	1.25	10	13.2
MONTANTE ESTRUTURA L 140	M140 Abas = 12 Mesa ≅ 40 Alma = 142	1.464	Barras – 6m	1.25	10	14.64
GUIA ESTRUTURA L 202	G202 Mesa = 40 Alma = 201	1.68	Barras – 6m	0.95	7.6	12.768
MONTANTE ESTRUTURA L 200	M200 Abas = 12 Mesa ≅ 40 Alma = 200	1.824	Barras – 6m	0.95	7.6	13.8624

APÊNDICE D – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL RESPONSÁVEL PELA EMISSÃO DE CO₂ POR MATERIAIS

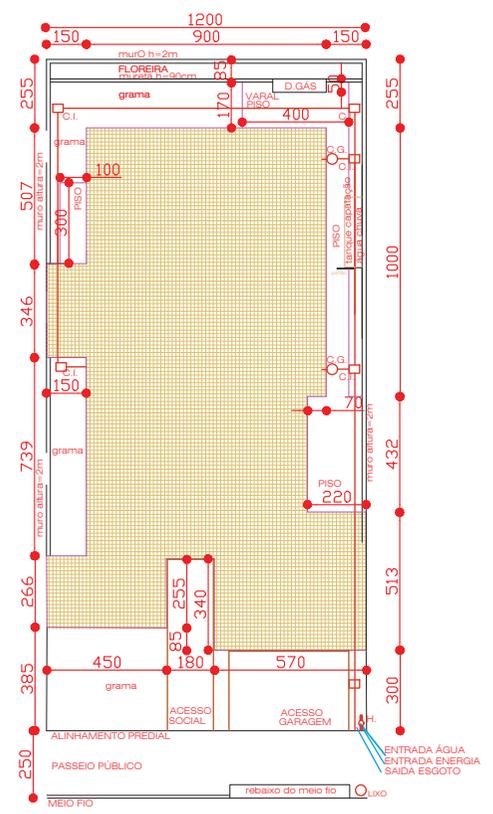
ITEM	EMPRESA	ENDEREÇO	DISTÂNCIA	DISTÂNCIA PERCORRIDA (IDA + VOLTA)	EMISSÃO DE CO ₂ por Km rodado (kg)	TOTAL DE EMISSÃO (ton)	MÉDIA (ton)	Ton Combustível / Ton capacidade caminhão
AREIA	GR EXTRAÇÃO DE AREIA	BR-153, 491 - São Gabriel, União da Vitória - PR	413.8	827.6	806.84	0.81	0.49	0.012
	Extração de Areia Quedas do Iguaçu	Av. Gen. Meira, Foz do Iguaçu - PR	139.7	279.4	272.39	0.28		
	Mineração Mercantil Maracaju	Santa Terezinha de Itaipu - PR	118.1	236.2	230.27	0.23		
	Hobi S/A Mineração de Areia e Concreto-Hobimix	Rodovia PRT 280 - s/n Km 6 - Serrinha, Palmas - PR	330.7	661.4	644.80	0.65		
BRITA	PEDREIRA TREVO	Av. Carlos Gomes, 1406 - Cascavel - PR	10	20	19.50	0.02	0.019	0.00045
	PEDREIRA RIO QUATI	R. Prof. Floraci Miranda - Santa Felicidade, Cascavel - PR	8	16	15.60	0.02		
	ANDREIS MINERAÇÃO	Estr. São Brás - Universitário, Cascavel - PR	7	14	13.65	0.014		
	PEDREIRA MUNICIPAL	Rua do Trevo, s/n, Cascavel - PR	13	26	25.38	0.03		
CIMENTO	Cia de Cimento Itambé - Fábrica	km 127 Curitiba-Ponta Grossa Rod. BR-277, Balsa Nova - PR	481	962	937.86	0.94	1.08	0.026
	Fábrica Votorantim	R. Benjamin Constant, 70-164, Rio Branco do Sul - PR	522	1044	1017.81	1.02		
	SUPREMO CECIL CIMENTOS	R. Januário Plaster Trannin, nº 40 - Vila Carumbe, Adrianópolis - PR	664.4	1328.8	1295.46	1.30		

CONCRETO	CONCRESUPER	BR 277, Km 586 - Cascavel - PR	10	20	19.50	0.019	0.015	0.00036
	Dalba Concreto	R. Jorge Lacerda, 3558 - Claudete, Cascavel - PR	7	14	13.65	0.01		
	Empamix Construções e Concretagens	Rua Souza Naves sul, S/n Chácara 71 - 14 de Novembro, Cascavel - PR	8	16	15.60	0.02		
	PEDREIRA TREVO CONCRETO	R. Gandhi, 757 - Brasmadeira, Cascavel - PR	6	12	11.70	0.01		
AÇO	GERDAU S.A.	Porto Alegre - RS	798.1	1596.2	1556.15	1.56	1.75	0.043
	ARCELORMITTAL AÇOS LONGOS	Contagem - MG	1334.2	2668.4	2601.45	2.60		
	AÇO GUILHERME	São Paulo, SP	930.9	1861.8	1815.09	1.82		
	SOUFER INDUSTRIAL	Av. Marginal Luiza Bodanio Farnetani, s/nº, Distrito Industrial, São João da Boa Vista - SP	935.4	1870.8	1823.86	1.82		
	ALLMAS STEEL FRAME	Volta Redonda - RJ	1263.3	2526.6	2463.21	2.46		
	PERFIPAR S/A MANUFATURADOS DE AÇO	Curitiba - PR	499.8	999.6	974.52	0.98		
AÇO VERDE	AÇO VERDE DO BRASIL - GRUPO FERROESTE	Rod. BR. 222, Km 14,5 nº 69 - Distrito de Pequiá, Açailândia - MA	2702	5404	5268.41	5.27	4.169 589	0.1004720 17
	Aperam South America	Praça 1º de Maio, 9, Centro, Timóteo - MG	1574.9	3149.8	3070.77	3.07		

ANEXO A – PLANTA BAIXA



PLANTA BAIXA
escala: 1:100



SITUAÇÃO
escala: 1:250

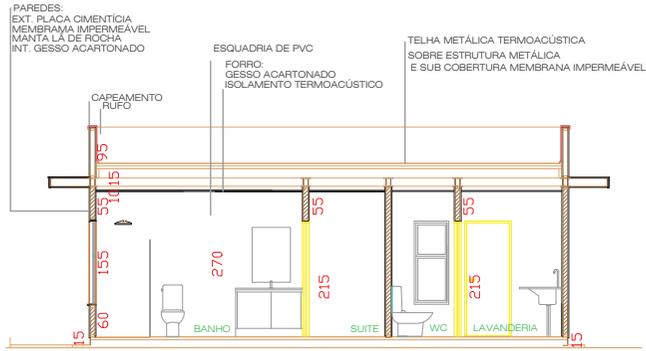
CONTEÚDO
ANEXO A - PLANTA BAIXA

ESCALA
1:100 E INDICADA

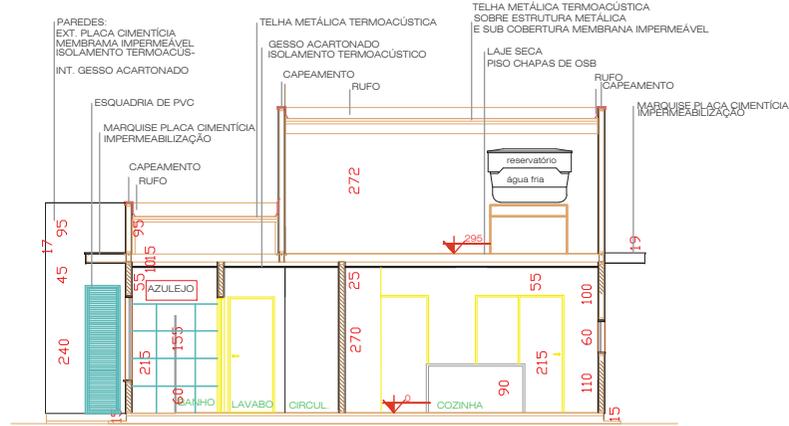
FOLHA Nº
1/5

ANEXO B – PLANTA COBERTURA E RESERVATÓRIOS

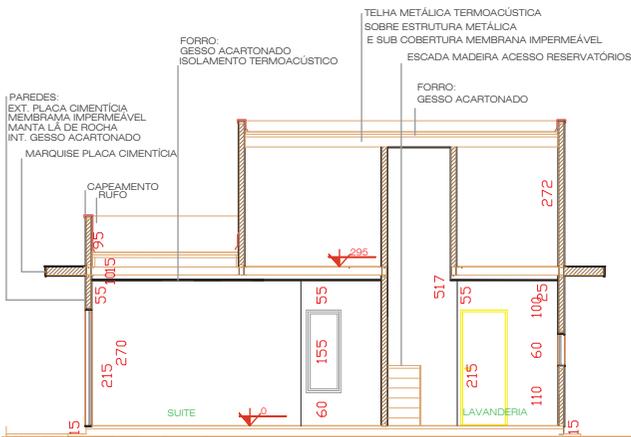
ANEXO C – CORTES



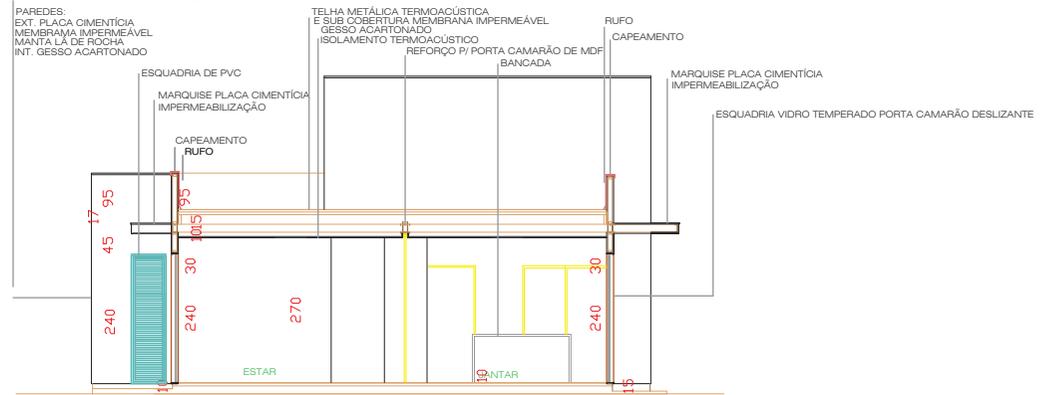
CORTE 1-1



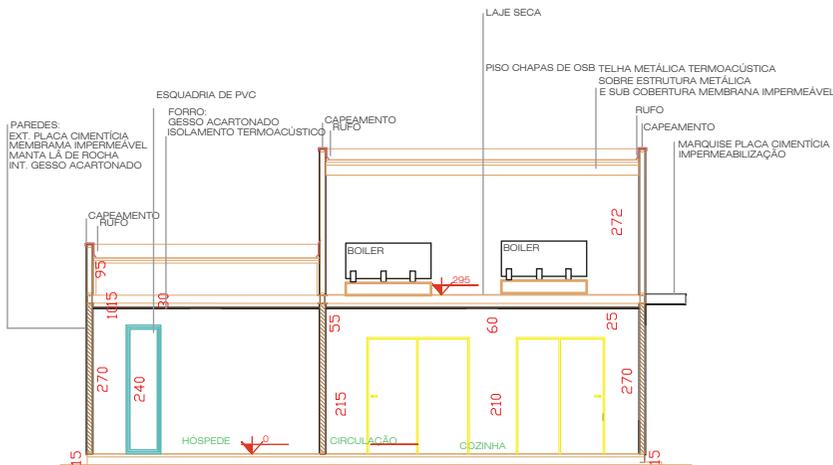
CORTE 4-4



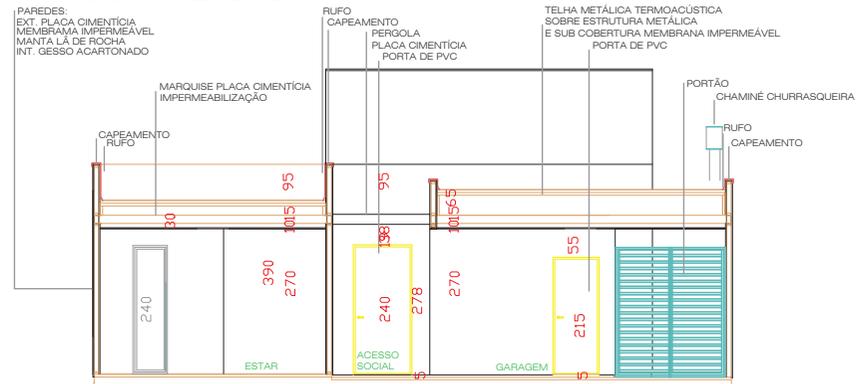
CORTE 2-2



CORTE 5-5



CORTE 3-3



CORTE 6-6

CONTEÚDO
ANEXO C - CORTES

ESCALA
1:100

FOLHA Nº

3/5

ANEXO D – CORTE E FACHADAS

