

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

THAIS CAMILA DE SOUZA

**O USO DO *LIGHT STEEL FRAME* NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO
FORMA DE MINIMIZAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2017

THAIS CAMILA DE SOUZA

**O USO DO *LIGHT STEEL FRAME* NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO
FORMA DE MINIMIZAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS**

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.

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

TOLEDO
2017



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 107

O USO DO LIGHT STEEL FRAME NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO FORMA DE MINIMIZAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS

por

Thais Camila de Souza

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:00 h do dia **06 de Novembro de 2017** 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. Dr. Fúlvio Natercio Feiber
(UTFPR – TD)

Prof. MSc. Cristian Kniphoff
(FAG)

Prof^a. Dr^a. Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)
Orientadora

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Fúlvio Natercio Feiber
Coordenador da COECI

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

AGRADECIMENTOS

*“Aos meus pais, João Souza e Solange Pessi, meu irmão João Pedro e meu namorado Ronisson Gimenez, pelo amor, incentivo, paciência e apoio incondicional.
Aos amigos e colegas da universidade, por todo apoio ao longo dessa caminhada.
A todos os professores e principalmente a minha orientadora Prof. Dra. Silmara Dias Feiber, por todo a motivação, paciência, auxílio e disponibilidade de tempo na orientação ao longo deste trabalho, sem a sua ajuda nada disso seria possível.*

Muito Obrigada”

RESUMO

SOUZA, Thais C. de. O Uso do *Light Steel Frame* na construção civil como forma de minimizar os impactos ambientais urbanos. 2017. 96 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

O presente trabalho consiste em um estudo qualitativo e quantitativo em relação às alterações ambientais negativas resultantes da construção civil. O sistema de construção predominante no país ainda é o método convencional que utiliza como base o concreto armado e alvenaria, porém, com o intuito de racionalizar e otimizar as construções, novos sistemas vêm sendo instalados. Destaca-se dentre eles o *light steel frame*, sistema industrializado que emprega perfis de aço galvanizado em sua estrutura e fechamento em placas de *OBS*, sistema esse utilizado em larga escala em países desenvolvidos. Em meio a esta contextualização foi realizada a avaliação de impactos ambientais gerados por estes dois sistemas construtivos. Esta avaliação foi realizada através de um estudo comparativo a partir de um modelo de edificação. Foi elaborado em seguida um orçamento de emissão de dióxido de carbono detalhado para as duas situações, esta ação permitiu identificar quais etapas da obra correspondiam às maiores emissões deste poluente. Como conclusão geral obteve-se para o orçamento em *light steel frame* aproximadamente a metade das emissões de dióxido de carbono em relação ao método convencional sendo, ao final verificadas as principais características que levaram a esse resultado.

PALAVRAS-CHAVE: ciclo de vida da edificação, *light steel frame*, emissão de poluentes, orçamento de carbono.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Efeito Estufa.....	18
Figura 2: Emissões líquidas de gases de efeito estufa no Brasil, por setor, de 1990 a 2014 (Tg = milhões de toneladas).	19
Figura 3: Porcentagem de emissões líquidas de gases de efeito estufa no Brasil, por setor, no ano de 2014.....	19
Figura 11: Pier com fundação em estacas de madeira.	28
Figura 12: Estrutura de madeira.....	29
Figura 13: Placas de <i>MDF</i>	30
Figura 14: Painéis de parede para o <i>wood frame</i>	31
Figura 15: Construção residencial de <i>wood frame</i>	32
Figura 16 : Residência do tipo <i>Log Home</i>	33
Figura 17: Sistema construtivo do tipo pilar-viga e paredes macho-fêmea.	34
Figura 18: Conjunto estrutural do sistema de Tábua e mata-junta.....	35
Figura 19: Casa do tipo tábua e mata-junta.	35
Figura 20: Estrutura de Madeira Laminada Colada.....	36
Figura 21: Edificação em <i>light steel frame</i>	37
Figura 22: Coliseu.	41
Figura 23: Burj Khalifa.....	42
Figura 24: Planta baixa projeto convencional.....	44
Figura 25: Planta baixa de projeto em <i>LSF</i>	45
Figura 26: Gráfico de emissão do CO ₂ da construção em <i>light steel frame</i>	51
Figura 27: Gráfico de emissão do CO ₂ da construção convencional.....	52
Figura 28: Comparação de etapas.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela1: Impactos ambientais causados ao longo da cadeia produtiva da construção civil.....	23
Tabela 2: Propriedades de alguns materiais de construção.....	26
Tabela 3: Resumo quantitativo de emissões no sistema <i>light steel frame</i>	50
Tabela 4: Resumo quantitativo de emissões no sistema convencional.....	51
Tabela 5 - Comparativo de emissão da infraestrutura.....	53
Tabela 6 - Comparativo de emissão de pisos.	54
Tabela 7 - Valores para infraestrutura e pisos dos dois sistemas construtivos	54
Tabela 8 - Comparativo de emissão na superestrutura.....	55
Tabela 9 - Comparativo de emissão na cobertura.....	56
Tabela 10 - Comparativo de emissão no fechamento e revestimento.....	57
Tabela 11 - Valores finais de orçamento de emissões discriminados	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	15
2.2 EFEITO ESTUFA	16
2.2.1 Sequestro de Carbono Natural	20
2.3 O PAPEL DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA GERAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS.....	22
2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	25
2.5 O PAPEL DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	26
2.5.1 Características e uso do material na construção civil.....	26
2.5.2 Sistemas Construtivos.....	30
2.6 PAPEL DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	38
2.6.1 Componentes e Uso do Concreto na Construção Civil	38
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	44
3.2 PROJETO EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	45
3.3. COLETA DE DADOS	45
3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1 SERVIÇOS ANALISADOS	47
4.2 FATORES DE CONVERSÃO.....	48
4.3 EMISSÃO DE CO ₂ POR SISTEMA	50
4.4 COMPARAÇÃO POR ETAPA CONSTRUTIVA	52
4.4.1 Infraestrutura e pisos.....	53
4.4.2 Superestrutura.....	55
4.4.3 Cobertura.....	56
4.4.4 Fechamento e Revestimento.....	56

4.4.5 Síntese das etapas.....	57
4.5 COMPARAÇÃO ENTRE VALORES FINAIS	58
5 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE I – Critérios de Quantificação	72
APÊNDICE II – Levantamento do quantitativo	80
APÊNDICE III - Orçamento de Emissões CO2 <i>Light Steel Frame</i>.....	87
APÊNDICE IV - Orçamento de Emissões CO2 Convencional.....	89
APÊNDICE V - Fatores de Conversão.....	91
APÊNDICE VI – Cálculo do quilo de aço nos perfis e cobertura.....	93
ANEXO A -Especificações Arquitetônicas da Planta Adotada.....	95
ANEXO B – Painéis e Detalhes do Projeto Estrutural <i>Light Steel Frame</i>	96

1 INTRODUÇÃO

O constante desenvolvimento do espaço urbano materializado por meio de uma intensa evolução técnica é uma das principais características do mercado da construção civil. Este fato abrange as diversas esferas relacionadas às intervenções humanas no meio ambiente, sejam elas de natureza material ou imaterial. Melhorias de qualidade, gestão, execução e planejamento são anseios sempre à frente das pesquisas relacionadas às intervenções antrópicas no meio. Entretanto, a atenção destacada diante do uso abusivo dos recursos naturais tem alcançado grandes proporções, resultado de intensas explorações que se traduzem em consequências irreversíveis e catastróficas de degradação do ambiente natural.

Do ponto de vista de pesquisadores como McGregor e Nieuwolt (1998), Price *et al* (2003) e o United Nations Environment Programme (2012), que investigam os fenômenos relacionados aos atuais problemas ambientais – locais e globais – a engenharia é uma das vilãs deste processo, porém a ela cabe também a responsabilidade pela maior oferta de tecnologias para o desenvolvimento da humanidade. Apesar dos benefícios trazidos por ela, houve um crescimento populacional contínuo associado ao fenômeno da urbanização e do consumismo. Com isso, o conseqüente desconhecimento científico dos impactos negativos desse desenvolvimento também passou a existir e a ser foco de necessárias investigações (LIMBERGER, 2015).

A construção civil tem como papel atender as necessidades básicas e imediatas do homem, entretanto, durante muito tempo as soluções que a engenharia apresentou não se preocupou com as alterações permanentes que proporcionavam ao meio ambiente. Somente no final do século XX o olhar humano voltou-se a novos conceitos e preocupações hoje sintetizados pelo movimento denominado de desenvolvimento sustentável. Assim, as preocupações ambientais passaram a receber maior atenção e a fazer parte da agenda política de dirigentes de todo o mundo.

Procurando conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental fica notória a exigência de profissionais da construção civil que adotem uma nova postura e atuem de forma a reduzir os impactos causados ao meio ambiente,

como também promovam a economia de recursos, tempo e dinheiro durante todo o ciclo de vida da edificação.

O incentivo a projetos e tecnologias que assegurem redução de resíduos, uso racional de recursos naturais, como energia e água, e emprego de materiais ambientalmente corretos é a chave para a continuidade do ambiente e para a própria perpetuação da espécie humana.

Reconhecida como uma das atividades humana de maior pegada ecológica, terminologia referente ao consumo de recursos naturais renováveis, a área da construção civil é grande consumidora de recursos naturais e energéticos, além de intensa geradora de resíduos. O setor tem como objeto de preocupação o progressivo aumento no consumo de energia com conseqüente aumento das emissões de gases de efeito estufa, estes os principais responsáveis pelo atual aumento da temperatura terrestre.

As produções de cimento, aço e cal aliadas as atividades de transporte desses materiais, são responsáveis pelas maiores emissões de poluentes industriais (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2014). Sendo assim, o setor tem grande responsabilidade e potencial para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. A simples seleção de materiais, como a madeira, caracterizada por menores níveis de emissões em seu processo de extração, manufatura e inserção na obra possam colaborar no processo de propagação de novas posturas diante das intervenções no meio. Alia-se a este fato outro ainda mais significativo, que é a origem deste material que, advindo do plantio em políticas de reflorestamento de espécies arbóreas passam em seu processo de crescimento a resgatar o carbono do ar sendo assim, fortes aliados na promoção da redução das emissões de gases poluentes na atmosfera. Acredita-se, portanto, que estas ações de natureza solidária e ética contribuam para minimizar os impactos negativos das ações antrópicas no meio ambiente.

A análise do ciclo de vida da madeira conforme Marques (2008) mostra que esta possui melhor desempenho em relação aos principais materiais de construção, como o cimento utilizado na alvenaria convencional, no que se refere à energia incorporada, emissão de gases, libertação de poluentes para o ar e água e produção de resíduos sólidos. A madeira apresenta, por isso, vantagens e propriedades que a tornam um material fundamental para uma racionalização ecológica de obras da

construção civil, sejam elas de cunho residencial, industrial, de serviços ou mesmo elementos urbanos, como pontes e viadutos (MARQUES, 2008).

Desta forma, nesta pesquisa, buscou-se apresentar uma análise da madeira como material de caráter sustentável e detentor da capacidade de atuar como forte aliado na redução de emissões de gases poluentes nos processos da construção civil, com o intuito da comutação do concreto. O objetivo foi confrontar as emissões dos materiais - madeira e cimento - em seu ciclo de vida e processo de extração, manufatura e aplicação e incentivar a prática da adoção desta comutação na construção civil.

1.1 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil não somente produz efeitos positivos no ambiente e no bem-estar da população, mas também contribui para a degradação dos recursos naturais, consumo de energia, para a poluição do ar e para a criação de resíduos (MAGALHÃES, SANTOS, 2009).

Em razão disto, o termo desenvolvimento sustentável começou a ter uma ampla difusão. Cunhado pelo Relatório Brundtland este termo conceitua-se em: " ... desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades" (CMMAD, 1991, p.46).

Com o intuito de atender a este pensamento contemporâneo alerta-se para o fato do setor da construção civil ser um grande consumidor de recursos naturais e energéticos, além de gerador de muitos resíduos. Considerando a importância desse segmento na transformação do meio ambiente, o setor é cada vez mais objeto de preocupação (GARÉ, 2011).

A elaboração de estratégia para os problemas da construção, utilizando uma tecnologia mais apropriada, adaptada às possibilidades reais atuais e futuras, deve ser o ponto de partida para uma proposta alternativa e crítica em relação ao sistema existente (MAGALHÃES, SANTOS, 2009).

Um maior uso da madeira na construção, associado a uma gestão sustentável da floresta, pode contribuir significativamente para a inversão do atual processo de degradação acelerada dos recursos naturais da Terra (MARQUES, 2008).

A partir da ideia de mitigar os impactos ambientais na construção civil, este trabalho apresenta a identificação e compreensão dos fatores que levam a adotar o uso da madeira na construção como aliada na redução do efeito estufa por meio de um estudo comparativo de emissões de dióxido de carbono a partir de uma obra modelo.

1.2 OBJETIVOS

Com o intuito de desenvolver uma pesquisa que possa contribuir para a geração de conhecimento no campo da construção civil e ampliar a discussão sobre o papel social dos profissionais da área em relação à problemática ambiental organizou-se seus objetivos conforme as especificações dos subitens denominados de Objetivo Geral e Objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o uso da madeira na construção civil como material aliado na redução da geração de impactos ambientais negativos em comparação ao uso de concreto da alvenaria convencional.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho que deram base ao alcance do objetivo geral foram:

- Contextualizar a problemática do efeito estufa e o papel do sequestro de carbono neste processo;

- Apresentar os impactos ambientais negativos característicos da construção civil;
- Apresentar a madeira e seu papel enquanto material de uso na construção civil;
- Apresentar o concreto e seu papel enquanto material de uso na construção civil;
- Efetuar um comparativo na emissão de gases de efeito estufa, em especial o dióxido de carbono, no processo de utilização de madeira, sistema *light steel frame*, e do concreto, alvenaria convencional, em seus respectivos processos construtivos durante seu ciclo de vida.

Com a organização destes objetivos específicos pretendeu-se demonstrar o efeito do resgate do uso da madeira na construção civil e colaborar para a geração do conhecimento na área da engenharia civil focada na sustentabilidade urbana.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa da pesquisa apresenta uma contextualização sobre os assuntos relacionados ao desenvolvimento sustentável, destacando as teorias e conceitos necessários para dar amparo à averiguação do uso da madeira na redução dos impactos ambientais negativos em comparação ao uso de concreto no sistema convencional.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Uma saída para a conservação da qualidade de vida é a inclusão de questões sociais e ambientais como princípios do crescimento econômico, revertendo-o assim a um mundo mais equilibrado (ARAUJO, 2002). Essa multiplicidade de interações é a chave para a ampliação do reconhecimento de desenvolvimento, não somente como acumulação de recursos materiais, mas também como manutenção dos ecossistemas da Terra (MENDES, 2009).

Devido a crescente gravidade dos problemas causadores de risco a condição de vida no planeta, surgiu no século XX o conceito de desenvolvimento sustentável, terminologia que foi cunhada para traduzir ideias e preocupações contemporâneas (MENDES, 2009). Definido no Relatório de Brundtland (*Our Common Future*, 1987), e publicado no Brasil (CMMAD, 1991), como sendo:

[...] aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades, ou ainda, desenvolvimento sustentável não é um estado fixo de harmonia, mas um processo de mudança na qual a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais serão feitas consistentemente ao atendimento às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (CMMAD, 1991, p. 09).

As preocupações ambientais da sociedade começaram a ganhar maior atenção após o Relatório de Brundtland, o qual mudou o foco dessas preocupações, passando a buscar a prevenção da poluição em vez de focar no controle. As tomadas

de ações foram se adaptando progressivamente, visando reduzir na fonte a poluição gerada (COLAÇO, 2008).

Em 1992, no Rio de Janeiro, aconteceu a Cúpula da Terra, encontro que reuniu representantes de 175 países e organizações não-governamentais (ONGs) para moldar ações com objetivo de proteger o meio ambiente. Desde então vários relatórios foram elaborados com a mesma temática, preservar o meio ambiente (CORREA, 2009).

Este evento teve papel primordial na busca de mecanismos para a comunidade internacional estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Esta convenção estabeleceu mecanismos e instrumentos necessários para que esse objetivo fosse alcançado (MOREIRA, GIOMETTI, 2008).

Nesse sentido, em dezembro de 1997, foi elaborado o Protocolo de Quioto, o qual elenca metas de redução de emissão de gases de efeito estufa e mecanismos necessário para atingir tais metas. O protocolo explica que o objetivo pode ser atingido a partir da implementação de estratégias que busquem a redução das emissões de gases de efeito estufa ou no aumento da remoção de CO_2 , mediante investimentos em tecnologias, substituição de fontes de energia, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento (MOREIRA, GIOMETTI, 2008).

Desde então, a inter-relação entre o ambiente e os setores foi progredindo com a finalidade de adaptar e equilibrar o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, consolidando a percepção de se desenvolver em harmonia com as limitações ecológicas e do meio ambiente (COLAÇO, 2008).

2.2 EFEITO ESTUFA

As atividades humanas sempre influenciaram o meio ambiente, entretanto após a Revolução Industrial, no século XVIII, o impacto dessas atividades tomou proporções globais. Essa transição do processo de manufatura artesanal para o industrial, desenvolvido por meio de novas tecnologias, resultou na produção de gases de efeito estufa que afetam a composição da atmosfera (MACHADO, 2005).

Constituído de atmosfera, hidrosfera, criosfera, superfície terrestre e biosfera, o sistema climático é interativo e procura sempre o equilíbrio dinâmico e é diretamente influenciado por mecanismos externos e internos (MACHADO, 2005).

Os fatores internos consistem em mudanças climáticas não lineares, devido a mudanças na composição físico-química atmosférica, o tectonismo e o vulcanismo (MENDONÇA, 2003). As causas externas são antropogênicas e referentes as emissões de gases estufa por queima de combustíveis fósseis, basicamente carvão e derivados de petróleo, queimadas, desmatamento e indústrias (SILVA e PAULA, 2009).

A atmosfera é constituída, especialmente, de nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), e argônio (A), gases com limitada interação com a radiação emitida pelo Sol e nula interação com a radiação infravermelha emitida pela Terra. Há também uma série de gases traços na constituição da atmosfera, como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e ozônio (O_3) que absorvem e emitem radiação infravermelha. Também denominados gases de efeito estufa, os gases traços ocupam menos que 0,1% do volume da atmosfera e possuem relevante papel no balanço energético da Terra. O vapor d'água (H_2O) está presente na atmosfera e consiste também em um gás de efeito estufa natural (MACHADO, 2005).

Os denominados gases traços possuem a função de absorver e emitir a radiação infravermelha resultante da radiação solar. Processo esse natural de efeito estufa cuja finalidade é o aumento na temperatura próxima da superfície da Terra, o qual proporcionou o surgimento e mantém a possibilidade da vida no planeta (MACHADO, 2005).

A observação do efeito estufa se deve a partir da análise de casas-de-vegetação, estufas de vidro para o cultivo de plantas, o qual aponta que a penetração dos raios solares através dos vidros das janelas e tetos existe um degradamento para os comprimentos de onda mais longos. Estes ao atingirem a faixa do infravermelho ficam retidos no interior da estufa devido à opacidade do vidro em relação a essa faixa e, por consequência, elevam a temperatura. No sistema climático as nuvens agem como o vidro da estufa elevando a temperatura abaixo da atmosfera (LABOURIAU-SALGADO, 2001).

O aumento da concentração de CO_2 resulta no aumento da absorção de infravermelho, acarretando na elevação da temperatura do ar, retendo maior quantidade de vapor de água. Sendo assim, o aumento das nuvens é inevitável, como

também a absorção de infravermelho, e o resultado é o aumento da temperatura pelo efeito estufa (LABOURIAU-SALGADO, 2001).

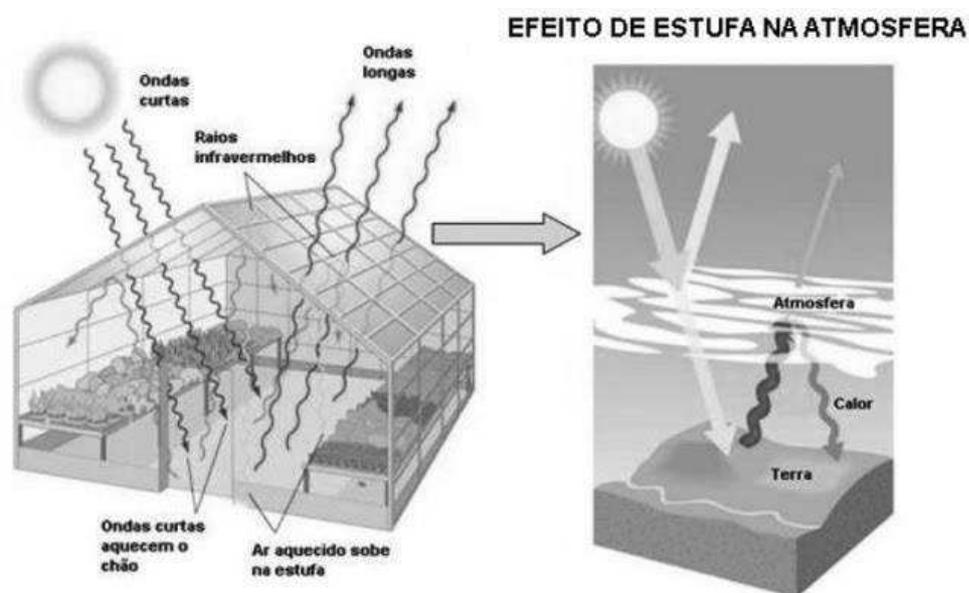


Figura 1: Efeito Estufa.
Fonte: Sala de Física (s.d.).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em parceria com a Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (SEPED) e a Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima (CGMC) publicou, no ano de 2016, a terceira edição das estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, cujo o intuito é acompanhar o cumprimento do compromisso nacional voluntário para a redução das emissões.

A estimativa dos gases de efeito estufa do estudo divulgado pelo Ministério leva em consideração somente os gases de efeitos diretos. Utilizado como unidade comum, o dióxido de carbono (CO_2eq), englobando os gases dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre (SF_6).

A Figura 2 apresenta as emissões líquidas, por setor, de gases de efeito estufa no Brasil nos anos de 1990 a 2014, e a Figura 3 as porcentagens representantes de cada setor no ano de 2014, disponibilizadas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

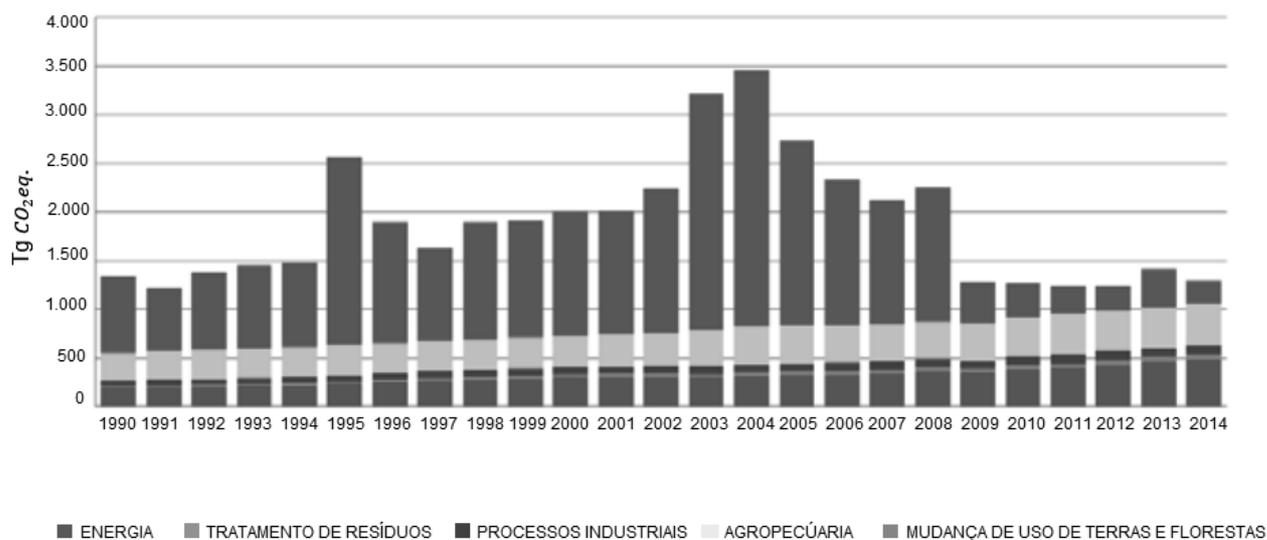


Figura 2: Emissões líquidas de gases de efeito estufa no Brasil, por setor, de 1990 a 2014 (Tg =milhões de toneladas).

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

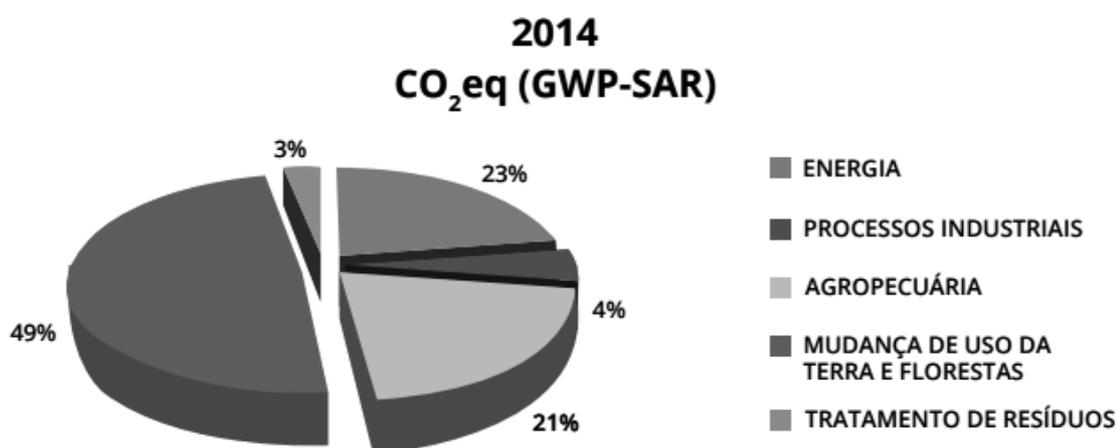


Figura 3: Porcentagem de emissões líquidas de gases de efeito estufa no Brasil, por setor, no ano de 2014.

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

É visível a oscilação nas emissões com o passar do tempo e que o ano de 2004 foi o ano onde mais se lançou poluentes de efeito estufa na atmosfera, e após 10 anos a redução foi maior que o dobro. Ao contrário das oscilações e redução das emissões com o passar do tempo, o sistema que continua aumentando a emissão é

o da energia, fato este devido a queima de carvão, gás natural e petróleo necessários na geração da mesma.

É notório a possibilidade de redução das emissões nos sistemas estudados e que a população está colaborando para um desenvolvimento sustentável, entretanto a quantidade de emissão ainda é elevada. A redução da emissão desses gases é necessária para manter a qualidade de vida na Terra e o método mais viável economicamente é o sequestro de carbono, pois este sistema não necessita de tecnologias e altos investimentos apenas do plantio de árvores.

2.2.1 Sequestro de Carbono Natural

A adaptação aos recursos disponíveis e a mitigação de poluição são pautas frequentes na sociedade e, conforme a crescente conscientização das mudanças climáticas, a pressão pela redução ou pela compensação de gases de efeito estufa aumenta. Propostas de soluções para ações de pequenas a grandes escalas estão sendo traçadas. A redução do consumo de energia elétrica e a substituição de carro por bicicleta são soluções domésticas aliadas na redução das emissões. Neste caminho a comercialização de crédito de carbono trata de uma solução a nível nacional, em que empresas de países certificados com o desenvolvimento limpo possuem crédito para comercializar as emissões restantes com países que possuem metas a cumprir (MULLER, 2012).

O dióxido de carbono é o maior contribuinte para o aquecimento global e a medida que sua concentração aumenta tem-se a elevação da temperatura da Terra e como consequência um aumento no nível dos mares e alteração na variabilidade de eventos hidrológicos (RENNER, 2004).

Essas alterações influenciam no balanço energético da Terra e uma solução viável para minimizar estes efeitos seria o sequestro de carbono. Este processo consiste no armazenamento do carbono atmosférico por meio do reflorestamento em escala, a partir da utilização da capacidade fotossintética dos vegetais em fixar o CO_2 atmosférico. Consiste na ação de biossintetizar o CO_2 na forma de carboidratos, sendo por fim depositado na parede celular, em síntese, é a captura de dióxido de carbono pela fotossíntese (RENNER, 2004).

A biologia explica que a fotossíntese consiste no processo de conversão de energia luminosa em energia química. Os seres fotoautotróficos utilizam a energia luminosa para gerar compostos orgânicos, como a glicose, utilizando como fonte de carbono o dióxido de carbono e como fonte de hidrogênio a água. A produção de oxigênio pelos organismos fotossintéticos é de extrema importância como fonte de oxigênio atmosférico utilizado pela maioria dos organismos – incluindo os fotossintéticos – para completarem as suas cadeias respiratórias e obterem energia (MOREIRA, 2013).

Importante para o equilíbrio do estoque de carbono global, as florestas armazenam nas árvores e no solo maior quantidade de carbono do que existe atualmente na atmosfera (BARRETO *et al*, 2009 *apud* HOUGHTON, 1994). Marques (2008) afirma que um metro cúbico de madeira contém mais de 200kg de carbono, sendo fundamental mecanismo de fixação de CO_2 e maior produtor de oxigênio do planeta.

Realizando o processo inverso do efeito estufa, diferente do que se imagina, a indústria florestal possui uma contínua renovação da floresta, após o corte, ofertando maiores benefícios ambientais, devido ao fato de árvores jovens fixarem maior quantidade de CO_2 que as adultas (MARQUES, 2008).

Baird (2002) afirma que a remoção do dióxido de carbono da atmosfera pode ser feita através do plantio de plantas designadas para tal função. As florestas tropicais úmidas são as recomendadas para o plantio, devido a sua alta taxa de produtividade primária, sendo que quanto mais rápido o crescimento de espécie vegetal mais rápido é a absorção de CO_2 (YU, 2004).

A adoção do sequestro de carbono é uma medida paliativa para a mitigação do aquecimento global, sua contribuição refere-se somente a absorção de CO_2 já lançado na atmosfera. Entretanto, é um processo vantajoso por ser um método de baixo custo, que traz efeitos positivos para o solo e o ar através da conservação florestal e da biodiversidade, além de induzir um uso mais sustentável do solo (YU, 2004).

2.3 O PAPEL DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA GERAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS

O uso de matérias-primas em insumos compostos, em que o ciclo de vida é complexo e são resultados de elevados custos energéticos é característica forte da indústria de construção civil (COLAÇO, 2008).

Desta forma, a busca pelo aprimoramento dos materiais utilizados pelo setor é de fundamental importância. A implantação de condutas efetivas voltadas para a redução do impacto ambiental representa a possibilidade de amenizar o atual quadro de degradação ambiental (ARAUJO, 2002).

A indústria da construção civil causa impactos significativos no meio ambiente desde os primórdios da civilização, quando esta passou a se estabelecer de forma definitiva no espaço dos primeiros aglomerados urbanos. O consumo de energia na construção está presente em todas as suas fases, desde a extração, passando pela inserção do material na obra e após em sua perpetuação ao longo do tempo no espaço edificado. O uso de recursos não renováveis nesse processo gera um forte impacto devido à extração exagerada, provocando o esgotamento da matéria prima ao longo do tempo e até mesmo danos ecológicos de caráter, muitas vezes irreversíveis (JOHN, 2000).

Os números dessa indústria no país declaram a grandiosidade dos obstáculos que se tem pela frente para a produção e consumo de materiais de caráter sustentável (KOVACS, 2010). A construção civil possui papel representativo na economia do país, sendo responsável por 15% do PIB, e resulta por meio de suas atividades em impactos ambientais proporcionais a sua magnitude (CBCS, 2007).

A Resolução Nº 001 de 23 de janeiro de 1986, criada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define impacto ambiental como:

[...] 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 Tabela 1 apresenta de forma sucinta os principais impactos gerados pela construção, deixando evidente que as atuais práticas de produção, adotadas pelas

empresas da construção civil, necessitam de ajustes imediatos para que o setor possa contribuir adequadamente no desenvolvimento sustentável do país (CBCS, 2007).

Tabela 1 : Impactos ambientais causados ao longo da cadeia produtiva da construção civil.

Classes de atividades	Características dos Impactos Ambientais Causados pelas Atividades							
	Solo e Lençol Freático	Água	Ar	Plantas	Animais	Paisagem	Barulho	Clima
Ocupação de terras								
Extração de MP								
Transporte								
Processo construtivo								
Geração/ Disposição de RS								
O produto em si								

Método de análise baseado em Jassen, Nijkamp e Voogd, 1984.

Fonte: Programa Entulho Limpo (1º Etapa), 2000.

A utilização de insumos naturais cresce na mesma proporção do crescimento populacional e econômico. Esses imensos volumes de materiais necessários para a produção exige uma extração muito maior de matérias primas naturais, devido às perdas e resíduos do processo (JOHN, 2000).

A construção e a manutenção da infraestrutura do país empregam até 75% dos recursos naturais extraídos, segundo o CBCS (2007), fato que proporcionou o início da escassez de muitas reservas. Os resíduos de construção e demolição compreendem, segundo a Resolução N°307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA):

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002, p 95).

Esses resíduos, somados aos resíduos industriais, formados pela cadeia produtiva, somam 80 milhões de toneladas por ano, cerca de 450 kg/hab.ano (CBCS, 2007).

Neste contexto controlar e reduzir o uso da água passam a ser exigências permanentes para a conversação de sistemas naturais, visto ser um dos principais componentes dos sistemas vivos (BORBA,2009). Neto (2008) afirma que para a confecção de um metro cúbico de concreto utiliza-se, em média, de 160 a 200 litros de água, e na compactação de um metro cúbico de aterro consome-se até 300 litros. Os edifícios brasileiros gastam 21% da água consumida no país, desperdiçando grande parte nos serviços cotidianos das obras (CBCS, 2007).

A construção civil e seus produtos consomem grandes quantidades de energia do início ao fim da obra e, principalmente, na fase de utilização. A dispersão espacial dos insumos e a produção dos volumosos materiais são alguns dos numerosos exemplos (JOHN, 2000). Os edifícios brasileiros consomem cerca de 18% do consumo total de energia e 50% do consumo de energia elétrica (CBCS, 2007).

Benite (2011) afirma que a emissão de gases de efeito estufa pela construção civil corresponde a 1/3 da emissão do planeta, compreendendo 35% das emissões de carbono. Estas emissões são causadas de forma geral, pelo consumo energético e de combustíveis de modo direto e, de modo indireto, da eletricidade consumida nas instalações. A utilização de equipamentos nos canteiros de obra tais como: equipamentos de movimentação de solo e de transporte de materiais, alimentados a combustível detém a maior parcela de emissões.

Segundo Diniz (2009), o concreto é o segundo material mais consumido no mundo, vindo atrás somente da água. O Brasil possui uma produção anual de 38 milhões de toneladas de cimento Portland (comum), liberando para a atmosfera aproximadamente 22,8 milhões de toneladas/ano de gás carbônico (TOLEDO, 2004 apud STACHERA, 2008). Somente a indústria do cimento é responsável por 10% de todas as emissões de CO_2 no Brasil (JOHN, 2000).

O CBCS (2007) salienta ainda que os canteiros de obras geram poeira, ruído e erosões que prejudicam os sistemas de drenagem com a diminuição da permeabilidade do solo, alterando assim o regime de drenagem e contribuindo para a ocorrência de enchentes. Por conseguinte, afeta-se a sociedade como um todo em sua dimensão local e global.

2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil convencional brasileira atualmente é executada com materiais agressivos em sua produção, que são poluentes durante a sua extração, e que após utilizados acabam gerando entulho e causando impactos ambientais negativos (CORTE *et al*, s.d).

Santos e Farias Filho (1998) afirmam que na construção existe um tradicionalismo arcaico em relação ao uso de novos materiais que devem substituir aqueles já consagrados, mas que possuem grande obsolescência tecnológica. O modelo de construção tradicional, alvenaria, é um processo construtivo intensivo que depende de tecnologias convencionais, como a moldagem no local, fôrmas de madeiras e argamassas de assentamento, as quais são aliadas a necessidade de mão-de-obra artesanal que acabam resultando em excessos de resíduos gerados (TAM *et al*, 2005).

O modelo atual de gestão entende a construção como uma série de processos produtivos que convertem materiais e mão-de-obra em produtos finais. Para melhor eficiência deve haver um desenvolvimento contínuo destes processos que resultem na redução dos desperdícios e geração de resíduos na construção (SANTOS E FARIAS FILHO 1998).

Hass e Martins (2011) destacam que a industrialização da construção reduz o desperdício, por meio de projetos focados no aproveitamento máximo dos materiais, produz menos resíduos, possibilitando um ambiente mais confortável e seguro, com canteiros limpos e organizados. Neste contexto o método construtivo industrializado denominado *light steel frame* é um exemplo. O processo de construção utiliza esqueleto estrutural fabricado com aço galvanizado formado a frio com fechamentos verticais de chapas delgadas (CAMPOS, 2012).

Considerado uma técnica de racionalização enxuta que se utiliza da pré-fabricação, o sistema otimiza os recursos necessários e reduz as perdas e desperdícios ocorridos. Por proporcionar uma construção a seco, o sistema evita a geração dos resíduos de construção tradicional, principalmente o concreto e as argamassas, percebidos como os mais representativos do setor, em termos de massa de resíduo (MASS, TAVARES, 2016).

2.5 O PAPEL DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Um dos materiais mais versáteis da construção, a madeira é empregada pelo homem desde os primórdios da humanidade. Utilizada de acabamentos a grandes estruturas a madeira é o único material que participa de todas as etapas da construção (MARQUES, 2008).

Material atraente frente aos demais, suas principais características consistem no baixo consumo de energia no processamento, elevada resistência específica, bom isolante térmico e elétrico e fácil manejo (ZENID, 2009).

As vantagens ambientais que a madeira proporciona tornam-na forte aliada na preservação ambiental. Recurso natural renovável, possui baixo consumo de energia, consumindo, por metro quadrado, duas vezes menos que construções de alvenaria. Destaca-se também o consumo de recursos hídricos, por ser insignificante no processo industrial (ZENID, 2009).

Material leve e de aparência agradável, a madeira possui resistência equivalente ao concreto, garante segurança equivalente a estruturas de aço e permite agilidade e precisão na montagem (MARQUES, 2008).

2.5.1 Características e uso do material na construção civil

Material oriundo do beneficiamento dos troncos das árvores, a madeira apresenta uma surpreendente relação resistência/peso quando comparada com outros materiais, apresentada na Tabela 2 (PFEIL, W. PFEIL, M. 2003).

Tabela 2: Propriedades de alguns materiais de construção.

Propriedades de alguns materiais de construção			
Material	ρ (t/m³)	f (MPa)	f/ρ
Madeira a tração	0,5 - 1,2	30 - 110	60 - 90
Madeira a compressão	0,5 - 1,2	30 - 60	50 - 60
Aço a tração	7,85	250	32

Concreto a compressão	2,5	40	16
Nota: ρ = massa específica; f = resistência característica			

Fonte: adaptada Pfeil, 2003.

Mesmo sendo um material inflamável a madeira apresenta boa resistência ao fogo, exibindo elevada resistência mecânica e estabilidade estrutural durante a queima, isso por que, a camada externa se carboniza tornando-se isolante térmico, contendo o incêndio e evitando que toda a peça seja destruída (APLICAÇÃO...,2004).

Por ser um material isolante, apresenta conforto térmico e acústico superiores aos metais e concreto (APLICAÇÃO...,2004). Característica única do material, a madeira apresenta variedade de escolhas devido as diferentes texturas e cores, caracterizando-a como material esteticamente agradável (MARQUES, 2008).

Um dos materiais mais antigos presentes na natureza, o primeiro emprego da madeira como elemento de construção deu-se a partir de uma viga de ponte de tronco de árvore, caída margem a margem de um curso de água e sobre o qual passavam-se confiadamente. Material abundante, leve e resistente, possibilitou a saída do homem da caverna para habitar em cabanas. Elemento de intermináveis aptidões, o seu uso e transformações só aumentaram com o passar do tempo (FRANCISCO, 2008).

A madeira pode ser empregue como fundação, elemento de distribuição de cargas da estrutura para o solo, por meio de estacas. Constituídas por troncos de árvores razoavelmente retilíneos, podem ser utilizados tanto em obras provisórias, quanto em definitivas. Deve-se atentar ao nível do lençol freático, regiões em que há variação do lençol freático fazem com que a madeira sofra ciclos de secagem e molhagem, reduzindo consideravelmente a vida útil. O tratamento do material é obrigatório para assegurar sua qualidade, segurança e duração (VELLOSO, LOPES, 2002).



Figura 4: Pier com fundação em estacas de madeira.
Fonte: Pixabay, 2012.

Aplicada de diversas formas estruturais, pequenas a grandes, leves a pesadas, a madeira como elemento estrutural possibilita a adoção de diferentes mecanismos. Material de elevada resistência mecânica, a tração e compressão, a madeira como uso estrutural consiste em peças industrializadas com desempenho calculado e que deve receber tratamento que a proteja da umidade e agentes agressivos (MARQUES, 2008).

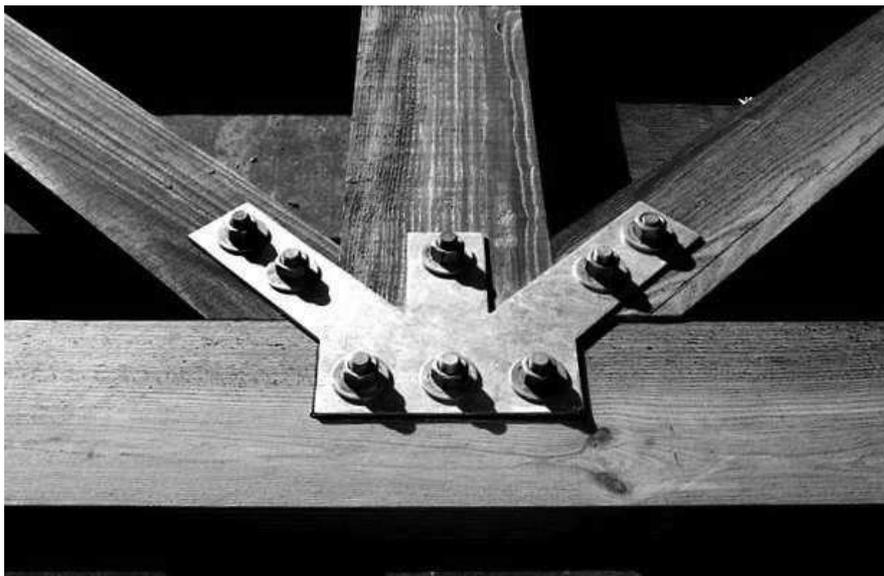


Figura 5: Estrutura de madeira.
Fonte: Alta Arquitetura, 2015.

A madeira também é utilizada como material de acabamento e compreende uma gama enorme de aplicações, como:

- Revestimento de piso;
- Revestimento de parede;
- Revestimento de teto;
- Portas interiores e exteriores;
- Rodapés;
- Armários;
- Caixarias interiores e exteriores;
- Portas;
- Móveis.

Na contemporaneidade a maioria do mobiliário inserido nas obras não são elaborados em madeira bruta, mas em *MDF* (Medium Density Fiberboard), mistura de fibras de madeira prensadas acrescentadas de resina para dar liga, confirmando o comportamento eficaz da madeira e o amplo atendimento das necessidades humanas (CAMPOS, 2010).

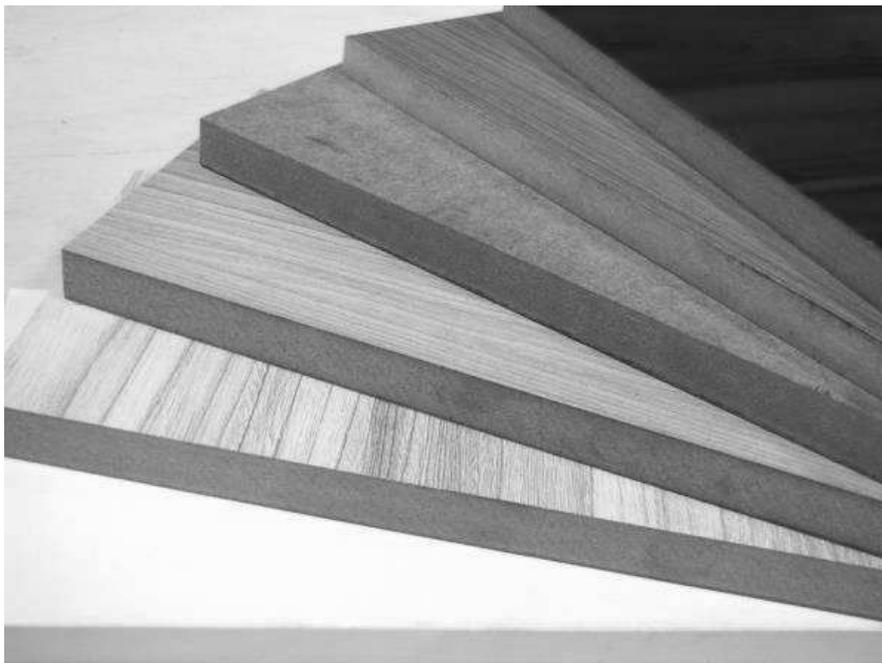


Figura 6: Placas de MDF.
Fonte: Belmore Móveis (s.d).

A madeira pode ser utilizada com diversas finalidades na construção civil, empregue em vários ambientes, seu uso vai da estrutura ao acabamento. Com o tempo as técnicas construtivas se aperfeiçoaram tornando suas características mais eficientes. Isolante natural, térmico e acústico a madeira possui características naturais que tornam as obras únicas e inigualáveis, devido a variedades de espécies e coloração, trazendo charme e exclusividade nas construções.

2.5.2 Sistemas Construtivos

No âmbito das preocupações ambientais, bem como a qualidade de vida da população, os sistemas pré-fabricados em madeira representam uma excelente alternativa, visto que o processo de racionalidade na pré-fabricação otimiza a utilização de recursos, possui menor tempo de execução e garante qualidade ao produto gerado. Esta possibilidade será apresentada por meio do resgate dos sistemas pré-fabricados em madeira disponíveis no mercado da construção civil e que abrem a possibilidade de adoção, no sentido de disseminar posturas éticas em relação

ao papel dos profissionais da construção civil, do comprometimento em zelar pela manutenção do meio ambiente.

Wood Frame: Durável e estruturado em perfis de madeira reflorestada e tratada, o *wood frame* é um sistema construtivo recomendando para edificação de até cinco pavimentos. Formado por painéis de pisos, paredes e telhados são combinados com gesso acantonado, placas cimentícias, lã mineral e fibra de vidro, que protege contra intempéries e fogo, e são responsáveis por elevar o conforto térmico e acústico. O nível de isolamento de uma parede de *wood frame* chega a ser duas vezes superior ao de uma parede de alvenaria convencional. Estrutura leve e com distribuição uniforme de carga faz com que esse sistema seja empregado com qualquer tipo de fundação (CALIL JUNIOR, MOLINA, 2010).

A Figura 7 mostra a composição das paredes deste sistema.

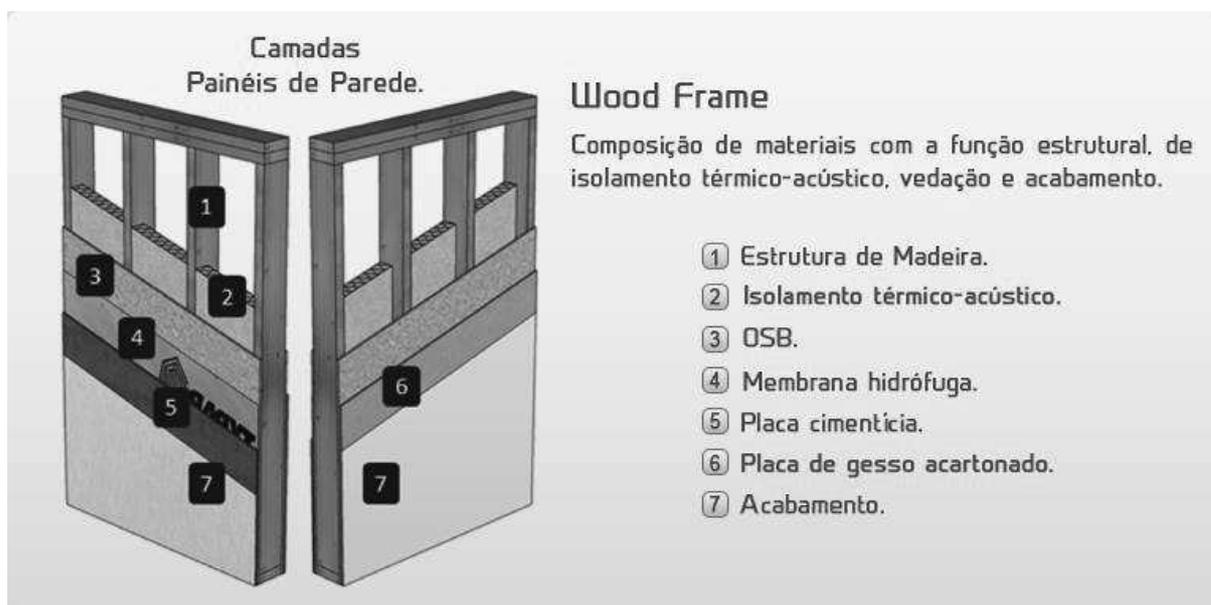


Figura 7: Painéis de parede para o *wood frame*.
Fonte: Rede Tecverde (s.d).



Figura 8: Construção residencial de *wood frame*.
Fonte: Engenharia civil diária, 2015.

Durante muito tempo o sistema *wood frame* foi o principal sistema utilizado nos Estados Unidos, atualmente vem perdendo espaço para as construções em *light steel frame*. A atração do sistema é a facilidade de montagem e manuseio, obra rápida, limpa e construção a seco, resultando na redução de desperdício por ser um processo industrializado.

Log Homes: Sistema menos utilizado na contemporaneidade, é conhecido também como sistema de troncos empilhados, a estrutura da construção é formada por madeiras roliças empilhadas uma sobre as outras funcionando como paredes de dupla função, estrutural e vedação (Figura 9). Sistema autoportante, não necessita de acabamentos ou isolamento pois a madeira já inclui tais características (CUNHA, CÉSAR, 2004).



Figura 9 : Residência do tipo *Log Home*.
Fonte: Homestead Timbers (s.d).

Sistema pouco conhecido no Brasil, é presente em larga escala nos Estados Unidos e Canadá. Construções bonitas, práticas e resistentes, é uma ótima opção para casas de campo, harmonizando a construção com o ambiente.

Viga-pilar e paredes com encaixe macho-fêmea: Neste sistema a estrutura e a vedação são independentes. Os pilares e as vigas possuem função estrutural, e as paredes vedação. Os pilares são fixados na fundação por meio de parafusos metálicos. As pranchas das paredes são encaixadas nos pilares por meio de fendas. Esse sistema de encaixe garante a total vedação, segurança e robustez estrutural (REBOCHO, s.d).



Figura 10: Sistema construtivo do tipo pilar-viga e paredes macho-fêmea.
Fonte: Casema (s.d).

Sistema rápido e sem desperdício, o pilar-viga e paredes macho-fêmea é um sistema pré-fabricado montado na obra que garante uniformidade na edificação.

Tábua e mata-junta: Presente de forma expressiva na arquitetura tradicional dos estados do sul do país, este sistema é constituído por um arcabouço estrutural composto por vigas e pilares. As vigas consistem nos quadros inferiores e superiores conectados pelos esteios, pilares. As tábuas e mata-juntas são usadas como vedação e travamento do sistema, sendo fixadas em posição vertical no quadro inferior e superior (BERRIEL, 2009).

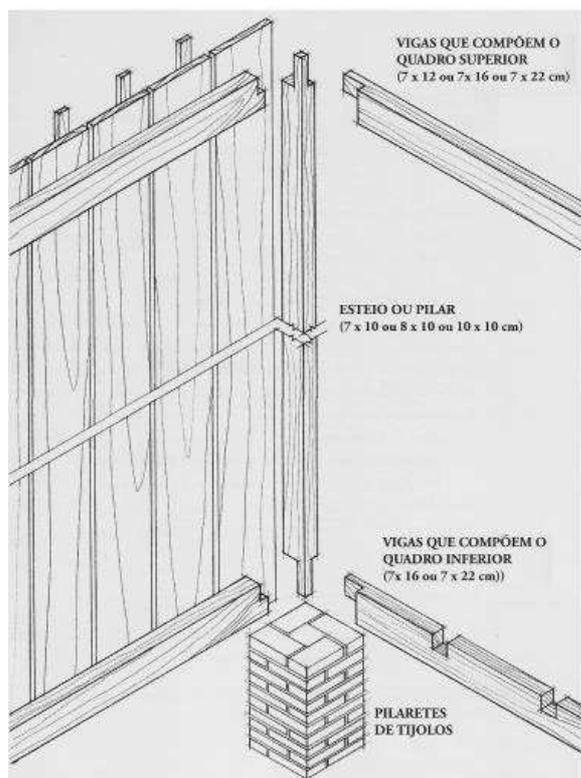


Figura 11: Conjunto estrutural do sistema de Tábua e mata-junta.
Fonte: BERRIEL, 2011, p. 76.



Figura 12: Casa do tipo tábua e mata-junta.
Fonte: Silva (2015).

No Brasil, a utilização de construções pré-fabricadas de madeira não possui expressiva participação, devido a própria cultura do país, que atrela a madeira a inferioridade, e também a pouca divulgação e falta de conhecimento sobre o método. A região sul do país é a que maior apresenta o uso da madeira, principalmente o sistema tábua e mata-junta, acredita-se que devido a sua colonização de influência europeia e por ser uma região agrícola.

Diferente do Brasil, os Estados Unidos e o Canadá possuem o maior emprego de pré-fabricados de madeira, sendo o *wood frame* o método predominante, devido a facilidade de montagem, ao conforto térmico, que mantém a casa aquecida no inverno e refrigerada no verão.

Madeira Laminada Colada: Formulada a partir da técnica de colagem aliada a lamelagem, o sistema constitui em lamelas unidas por colagem em uma disposição de tal maneira que suas fibras estejam paralelas entre si (CALIL, 2011). Empregue em diversas formas estruturais, esse método pode utilizar variadas formas estéticas além de cobrir vãos de até 100 metros sem apoio intermediário (REVISTA DA MADEIRA, 2010).



Figura 13: Estrutura de Madeira Laminada Colada.
Fonte: Maniá (2016).

Material com alta capacidade de carga e baixo peso próprio, permite componentes com grandes envergaduras que atrelaram uma linguagem arquitetônica diferencial para os elementos.

Light Steel Frame: Sistema similar e derivado do *wood frame*, possui esqueleto estrutural em aço galvanizado e fechamentos em placas OBS (Oriented Strand Board), painel constituído por diversas lascas de madeira industrializada. O que torna atraente esse sistema é a redução dos custos, pois racionaliza o uso de materiais, diminui as perdas, otimiza o tempo de fabricação e de montagem da edificação (OLIVEIRA, 2012).



Figura 14: Edificação em *light steel frame*.
Fonte: Portal Metálica da Construção (s.d)

Diferente dos sistemas mencionados, o *light steel frame* não é exclusivamente de madeira, o aço é empregado juntamente. É um sistema amplamente utilizado nas construções dos Estados Unidos da América e vem ganhando lentamente espaço no

mercado brasileiro, não somente devido a redução de custos e otimização da obra, mas por ser uma obra sustentável e aliada na redução de desperdícios. -

2.6 PAPEL DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O concreto é um material construtivo abrangente, seu uso pode ser aplicado em todas as áreas da engenharia. Com características semelhantes as rochas, pode-se dizer que o concreto é uma pedra artificial passível de moldagem (PEDROSO, 2009).

Diniz (2009) comenta que o concreto é o segundo material mais utilizado no mundo, devido ao fato de ser um material durável, resistente e prático. Segundo a Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP) consome-se anualmente 11 bilhões de toneladas de concreto, sendo em média 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano. Só nas dosadoras brasileiras saem em média 30 milhões de metros cúbicos ao ano (PEDROSO, 2009).

Assim como a madeira, este material também possui características particulares que o tornam o material mais presente nas obras de arquitetura e engenharia na contemporaneidade. Estas características serão elencadas para que se possa, posteriormente, compará-lo à madeira no sentido de seu ciclo de vida e potencial impactante do meio ambiente.

2.6.1 Componentes e Uso do Concreto na Construção Civil

A ASTM (American Society for Testing and Materials) define concreto como material compósito que consiste de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas de diferentes naturezas. O aglomerante representa o cimento em presença de água, e os agregados os materiais granulares.

Carvalho e Filho (2001) fundamenta as termologias da associação desses materiais:

- Pasta: cimento + água

- Argamassa: pasta + agregado miúdo
- Concreto: argamassa + agregado graúdo

A pasta de cimento é utilizada em ensaios laboratoriais para caracterizar o cimento quanto ao tempo de pega e a instabilidade de volume devido à cal livre. Já a argamassa é utilizada, com diferentes traços, no assentamento de tijolos e pisos cerâmicos e na padronização de superfícies (reboco, emboço, chapisco). Enquanto o concreto é utilizado em elementos que necessitam de uma resistência, como estruturas e fundações.

A água é utilizada na mistura para fazer a reação entre o aglomerante e os agregados. A função do aglomerante é juntar os materiais, atuando assim no aumento da resistência. A seguir é melhor definido o conceito de cimento e agregado.

Cimento: O cimento utilizado no concreto é o Portland, esse permanece estável em ambiente aquoso, solidificando e mantendo a propriedade de resistência a água (PEDROSO, 2009). A ASTM C150 (2007) define o cimento Portland como um aglomerante hidráulico gerado pela moagem do clínquer, composto de silicatos de cálcio hidráulicos, usualmente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição.

Agregado: Material granular sem forma ou volume definidos, os agregados possuem dimensões e propriedades compatíveis aos usos na construção (PETRUCCI 1981). Divididos em miúdos e graúdos, suas características são especificadas pela NBR 7211 (ABNT, 2009). Agregados são materiais de origem natural e fragmentos de rochas. Os agregados miúdos são as areias, grãos que passam pela peneira de 4,8mm e ficam retidos na peneira de 0,075mm. Os agregados graúdos são os pedregulhos e britas, grãos que passam pela peneira de abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira de 4,8 mm.

Produto da mistura de cimento, água, brita e agregado, o concreto torna-se um bloco monolítico cujas propriedades são seus atrativos e influenciadas diretamente pelas características dos mesmos.

As propriedades do concreto são os fatores que o tornam interessantes para a engenharia, por apresentar diferentes características nos estados frescos e endurecidos. No estado fresco encontram-se as três fases no concreto: o cimento e o agregado formam a fase sólida, a fase líquida é a água, e a gasosa é o ar que está incluído. Carvalho e Filho (2001) destacam as propriedades nesse estado:

- **Consistência:** É a mobilidade do concreto em escoar. Essa propriedade varia conforme as características dos agregados e a quantidade de água presente;
- **Trabalhabilidade:** Aptidão do concreto ser empregado na obra sem perda de homogeneidade, é a facilidade com a qual o concreto pode ser manuseado;
- **Homogeneidade:** Proporção dos diferentes componentes do concreto em qualquer ponto da massa sem segregação dos constituintes.

No concreto endurecido as características mecânicas são as principais, destacando-se a resistência a tração e compressão. O concreto possui boa resistência a compressão, porém resiste pouco a tração, cerca de 1/10 da resistência a compressão. A resistência à compressão simples é a característica mais importante de um concreto e compreende a capacidade de resistir a uma tensão sem causar ruptura (CARVALHO E FILHO 2001).

Como mencionado anteriormente, são as características do concreto que o tornam interessantes para a construção, entretanto não foi assim sempre, os primeiros materiais de construção eram os materiais presentes na natureza, pedras e madeiras. Porém, esses possuíam características restritas, fazendo com que a busca por novas tecnologias fossem surgindo. As pedras possuem boa resistência a compressão e durabilidade, e a madeira resistência razoável e durabilidade limitada (BASTOS, 2006).

Na construção é necessário um material que tenha elevada resistência e durabilidade, com isso adotou-se, aço e concreto. O aço possui elevada resistência, porém a durabilidade é limitada, devido a patologias de corrosão. O concreto é um material que mantém as características em presença de água, porém baixa capacidade de suporte a tração. A solução encontrada foi a utilização do concreto com o aço, formando assim um material com as características necessárias de resistência (BASTOS, 2006).

O concreto é um dos materiais mais consumidos no mundo em função de sua ampla importância e aplicação na construção civil, encontrado em residências, rodovias, pontes, arranha-céus, usinas hidrelétricas, obras de saneamento, plataformas petrolíferas móveis, e muitas outras obras de engenharia. Esse fato se deve pela elevada resistência que material possui, pela plasticidade, capacidade de

se moldar em qualquer formato, e por ser um material formado por constituintes de baixo custo e ampla disponibilidade (PEDROSO, 2009).

O Coliseu (Figura 15) foi construído entre 69 e 79 d.C. e sua estrutura é um mesclado de pedras e concreto (BASTOS, 2006).



Figura 15: Coliseu.
Fonte: GeoGente (2015).

Localizado em Dubai, o prédio Burj Khakifa é o maior prédio finalizado do mundo, com 828 metros de altura. Foram necessários 330 mil metros cúbicos de concreto para sua construção (BRAGA, 2010).



Figura 16: Burj Khalifa.
Fonte: SKIDMORE, OWINGS & MERRILL LLP (s.d).

Tanto o concreto quanto a madeira são materiais empregados na construção, cada qual com suas características e propriedades específicas que o tornam atraentes frente a outros materiais e sistemas. Entretanto, é sabido que ambos possuem inúmeras funções similares, sendo então necessário um estudo comparativo mostrando o viável emprego de um material sobre o outro em relação a emissão de gases de efeito estufa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa se baseia em um estudo quantitativo e qualitativo referente aos impactos ambientais resultantes do uso da madeira e do uso do concreto na construção civil. Bertolini (2013) afirma que este tipo de pesquisa pode ser classificada como quantitativa e qualitativa, de modo que os resultados obtidos possibilitem julgar a viabilidade do emprego de um material sobre o outro.

Apresentou-se no primeiro momento um estudo sobre materiais e sistemas sustentáveis existentes no mercado, de maneira a permitir o conhecimento referente à viabilidade do emprego dos mesmos. Por conseguinte, avaliou-se a eficácia do uso da madeira como aliada na redução de emissão de gases de efeito estufa, devido à sua adoção no processo construtivo de *light steel frame* em relação ao sistema convencional de alvenaria. O foco é o ciclo de vida dos materiais, ou seja, pretendeu-se organizar um conteúdo que apresente a contribuição negativa e/ou positiva da adoção específica do material de construção, por meio de uma tabela de serviços que abrange as atividades distintas entre os sistemas, com base no quantitativo do material necessária para execução.

Este foi foco da pesquisa que pretendeu ir além dos aspectos comumente apresentados de obras de caráter sustentável, que assim se qualificam por inserir em sua execução sistemas de reuso de água, sistema de captação de energia solar, entre outros.

Optou-se pela escolha do método de *light steel frame* frente aos demais listados devido ao crescente emprego de construções deste método no país. Mesmo possuindo o esqueleto em aço, o emprego do fechamento em placas de *OBS* faz com que seja o foco do trabalho, pelo fato das placas serem constituídas por madeira, consequentemente atuam como aliadas na redução de gases de efeito estufa.

O que é apresentado é um estudo sobre o ciclo de vida dos materiais constituintes dos sistemas – *light steel frame* e alvenaria convencional – para que se possa avaliar o real papel de cada sistema em relação à sua implicação como agente transformador do ambiente humano. Acredita-se que as respostas a este questionamento possam levantar questões importantes sobre o atual papel dos agentes da construção civil na propagação de posturas que respeitem o ser humano,

e possam disseminar práticas mais saudáveis no âmbito da sustentabilidade do ambiente urbano.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A fim de realizar um estudo quantitativo e qualitativo foi selecionado um projeto padrão para realização do estudo de caso. Com este projeto foi gerada uma estimativa dos serviços para duas situações: construção em *light steel frame* e construção em alvenaria convencional.

Optou-se pelo projeto estabelecido para o Programa Casa Fácil da cidade de Cascavel, elaborado pelo CREA-PR em 1989. Programa este criado em parceria com as Entidades de Classe e Prefeituras Municipais, para a construção de moradias populares com até 70 m², com intuito de beneficiar famílias com renda de até três salários mínimos.

A planta baixa do projeto, considerando concreto armado e alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, é apresentada na Figura 17. As demais pranchas do projeto arquitetônico estão apresentadas no Anexo A.

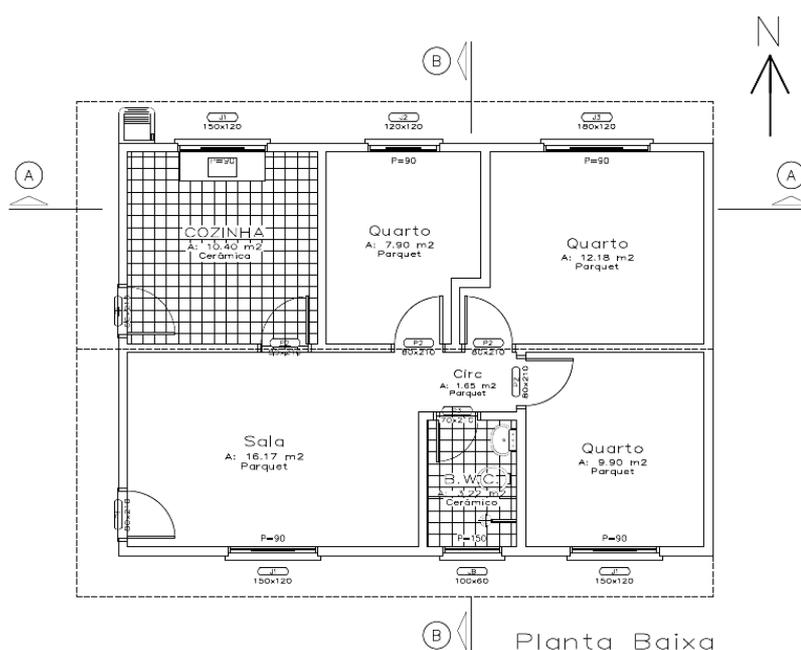
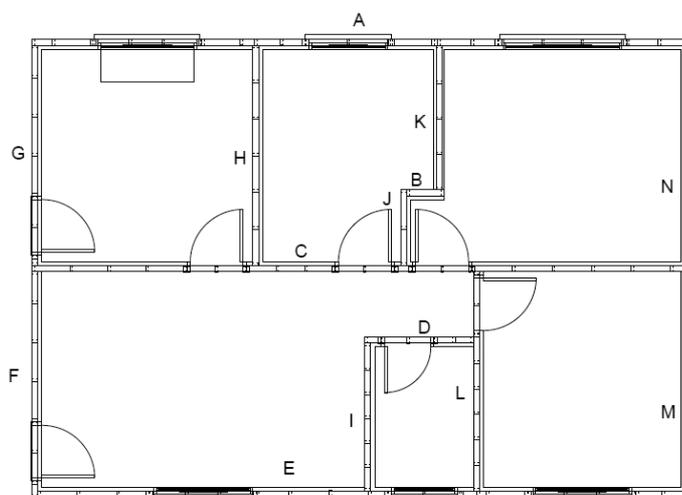


Figura 17: Planta baixa projeto convencional.
Fonte: ROSARIO (2016).

3.2 PROJETO EM LIGHT STEEL FRAME

Desenvolvido por uma empresa do ramo, o projeto Casa Fácil foi adaptado para estrutura em *light steel frame*. A planta baixa desenvolvida está apresentada na Figura 18.



Planta Baixa

Figura 18: Planta baixa de projeto em LSF.
Fonte: ROSARIO (2016).

Como mostrado na Figura 18, os painéis foram nomeados de A a N, por apresentarem tamanhos variados. No Anexo B está disponibilizado o detalhamento de cada painel.

3.3. COLETA DE DADOS

Primeiramente foi realizada a identificação dos serviços que farão parte da análise. Em seguida foi iniciada a leitura minuciosa dos projetos, fazendo o levantamento quantitativo dos materiais de ambos métodos construtivos.

3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE

Posterior ao levantamento dos quantitativos, foi realizada a conversão da quantidade de material utilizado pela respectiva emissão de gases de efeito estufa que serão lançados ao ambiente. Esses valores estarão apresentados por serviços, procurando apresentar as diferenças encontradas a partir da utilização de ambos materiais.

Estes dados foram levantados por meio das especificações do Guia Metodológico para Inventários de Emissões de Gases Estufa na Construção Civil - Setor Edificações, elaborado pelo SindusCon - SP (Sindicato da Construção de São Paulo) com base nos princípios, recomendações e especificações das normas:

- GHG Protocol – Corporate Accounting and Reporting Standards
- GHG Protocol – Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard
- ABNT NBR ISO 14.062-1: 2007

Guia este orientado também pelo IPCC - Intergovernmental Panel For Climate Change da ONU, referência geral de todas as demais normas. Foi utilizada a metodologia Orçamento de Emissões de GEE, que apura as emissões que ocorrerão antes do início da obra, como base quantitativa as informações do projeto e a relação quantitativa de materiais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, inicialmente é apresentado os serviços que foram comparados, em seguida as emissões de CO_2 de cada serviço e sistema, seguindo da análise de viabilidade.

4.1 SERVIÇOS ANALISADOS

Uma edificação é dividida em serviços para se realizar o levantamento do quantitativo de forma técnica, com base nas especificações dos projetos. Comumente são divididos em:

- Serviços Preliminares: Atividades necessárias antes do início da obra;
- Infraestrutura: Conjunto de elementos que recebem as cargas da estrutura;
- Superestrutura: Elemento da estrutura que se projeta acima do solo;
- Cobertura: Fechamento superior cujo principal objetivo é a proteção contra intempéries;
- Impermeabilização: Técnica para proteção de áreas contra umidade;
- Fechamento e Revestimento;
- Pisos;
- Revestimento de Tetos;
- Esquadrias;
- Pintura;
- Instalações Hidráulicas e Elétricas;
- Serviços Gerais.

Devido aos projetos em estudo possuírem a mesma configuração, o quantitativo de alguns serviços, entre eles instalações hidráulicas e elétricas, para ambos os métodos teve valores iguais, tanto de metragem como quantidade e especificação de material, sendo então eliminados do estudo por não atuarem de

forma significativa na análise final. Para a verificação da pesquisa passou-se a considerar então os seguintes serviços:

- Serviços Preliminares;
- Infraestrutura;
- Superestrutura;
- Cobertura;
- Fechamento e Revestimento;
- Pisos.

O levantamento integral do quantitativo está disponível no Apêndice II – Levantamento do Quantitativo, e no Apêndice I – Critérios de Quantificação está detalhado as considerações utilizadas para tal levantamento.

4.2 FATORES DE CONVERSÃO

Os fatores de conversão foram adotados com base nas especificações listadas no item 3.4 da pesquisa, intitulado Metodologia de Análise. As tabelas adotadas dos fatores de conversão foram geradas com base nas emissões de CO_2 resultantes das fases de extração das matérias-primas, um valor sintético de transporte e pela produção dos materiais.

A conversão da quantidade de material utilizado, com base nos projetos, pela respectiva emissão de gases de efeito estufa que serão lançados ao ambiente se dá com base em unidades padrões das tabelas, que algumas vezes divergem da unidade do quantitativo, para a conversão correta dessas unidades foi necessário a utilização do peso específico de alguns materiais. Os fatores de conversão utilizados estão disponíveis no Apêndice III.

Como exemplo dessa conversão temos o emboço. O quantitativo deste material é levantado em metros quadrados, porém o fator de conversão de emissões de CO_2 é em toneladas. Com isso é necessário a transformação de área para massa, que é feita por meio do cálculo do peso específico, conforme a equação a baixo:

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

Onde,

γ : Peso específico em N/m³;

P : Peso, em N;

V : Volume, em m³.

Da NRB 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações é obtido o peso específico da argamassa de cal, cimento e areia, que é igual 19 KN/m³. O quantitativo do convencional apresentou que é necessário 311,60 m² de emboço. Considerando uma espessura de 3 cm de emboço, o volume fica:

$$V = 311,60m^2 \times 0,03m \quad (2)$$

$$V = 9,348 m^3 \quad (3)$$

Sendo assim,

$$19 \times 10^3 = \frac{P}{9,348} \quad (4)$$

$$P = 177,612 N \quad (5)$$

Para converter peso em massa é por meio da aceleração da gravidade, considerada para cálculos 9,81 m/s²;

$$P = m \cdot g \quad (6)$$

$$177,612 = m \times 9,81 \quad (7)$$

$$m = 18105,2 kg \cong 18,105 t \quad (8)$$

Este foi o procedimento utilizado nos casos em que se fez necessária a conversão.

4.3 EMISSÃO DE CO_2 POR SISTEMA

A planilha de emissão de CO_2 para o *light steel frame* está apresentada no Apêndice III e do projeto convencional no Apêndice IV. A tabela é composta por oito colunas, contendo as informações: numeral para identificação das atividades, descrição, unidade de medida utilizada no quantitativo, quantidade, unidade de medida utilizada para a conversão, quantidade da respectiva unidade, fator de conversão e tonelada de CO_2 resultante desse processo.

Com base nos dados do Apêndice III o orçamento resumido das emissões de dióxido de carbono referente ao projeto do *light steel frame* está disponível na Tabela 3.

Tabela 3: Resumo quantitativo de emissões no sistema *light steel frame*.
Emissão de CO_2 pelo uso do *light steel frame* (t CO_2)

<i>Infraestrutura</i>	5,709
<i>Superestrutura</i>	1,406
<i>Cobertura</i>	0,517
<i>Fechamento e Revestimento</i>	3,119
<i>Pisos</i>	0,702
<i>Total</i>	11,452

Fonte: Autor (2017).

O gráfico da Figura 19 ilustra a representatividade de cada atividade no total do orçamento de emissões. Deste modo, nota-se que o item “infraestrutura” é o que mais representa tal orçamento, totalizando 50%.

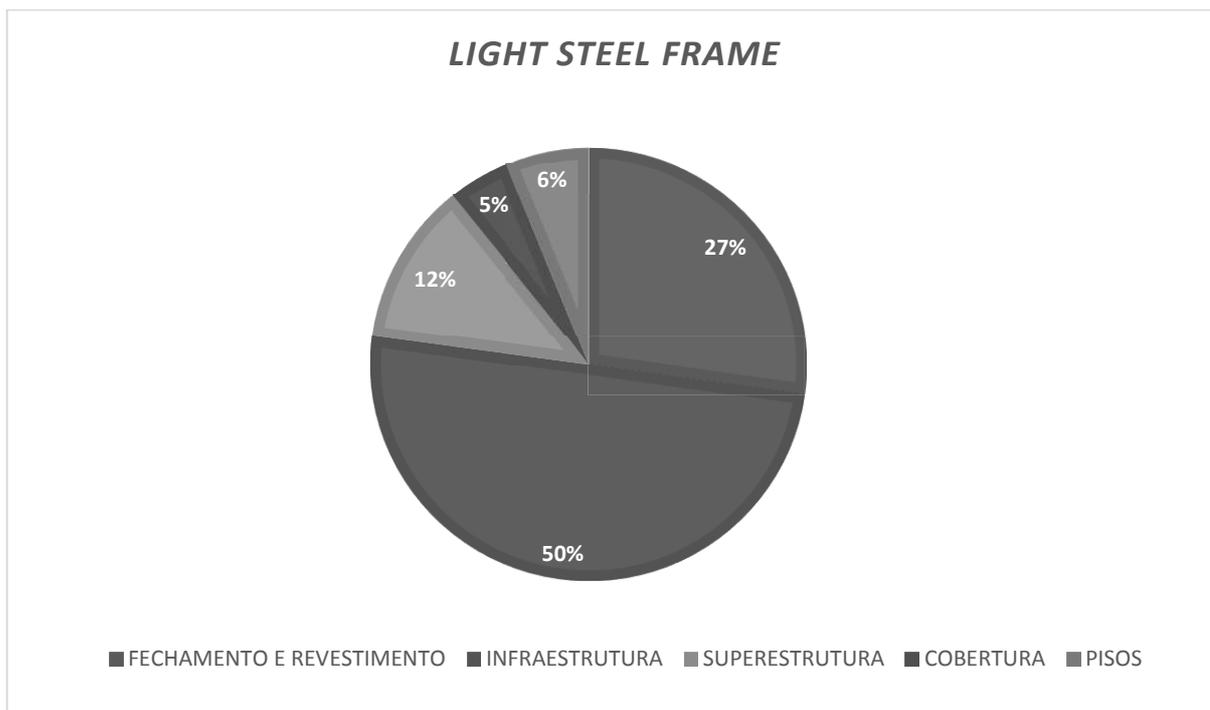


Figura 19: Gráfico de emissão do CO₂ da construção em *light steel frame*.
Fonte: Autor (2017).

Na Tabela 4 são apresentados os mesmos dados referentes ao método convencional.

Tabela 4: Resumo quantitativo de emissões no sistema convencional.

Emissão de CO ₂ pelo uso do convencional	(t CO ₂)
<i>Infraestrutura</i>	3,80
<i>Superestrutura</i>	10,90
<i>Cobertura</i>	0,43
<i>Alvenaria</i>	2,06
<i>Revestimento</i>	3,29
<i>Pisos</i>	2,75
<i>Total</i>	23,22

Fonte: Autor (2017).

A representatividade de cada atividade no total do orçamento de emissões pelo método convencional está disponível no gráfico da Figura 20. Nesse sistema a

atividade que mais emite CO_2 é a superestrutura, caracterizando por 47% do total de emissões.

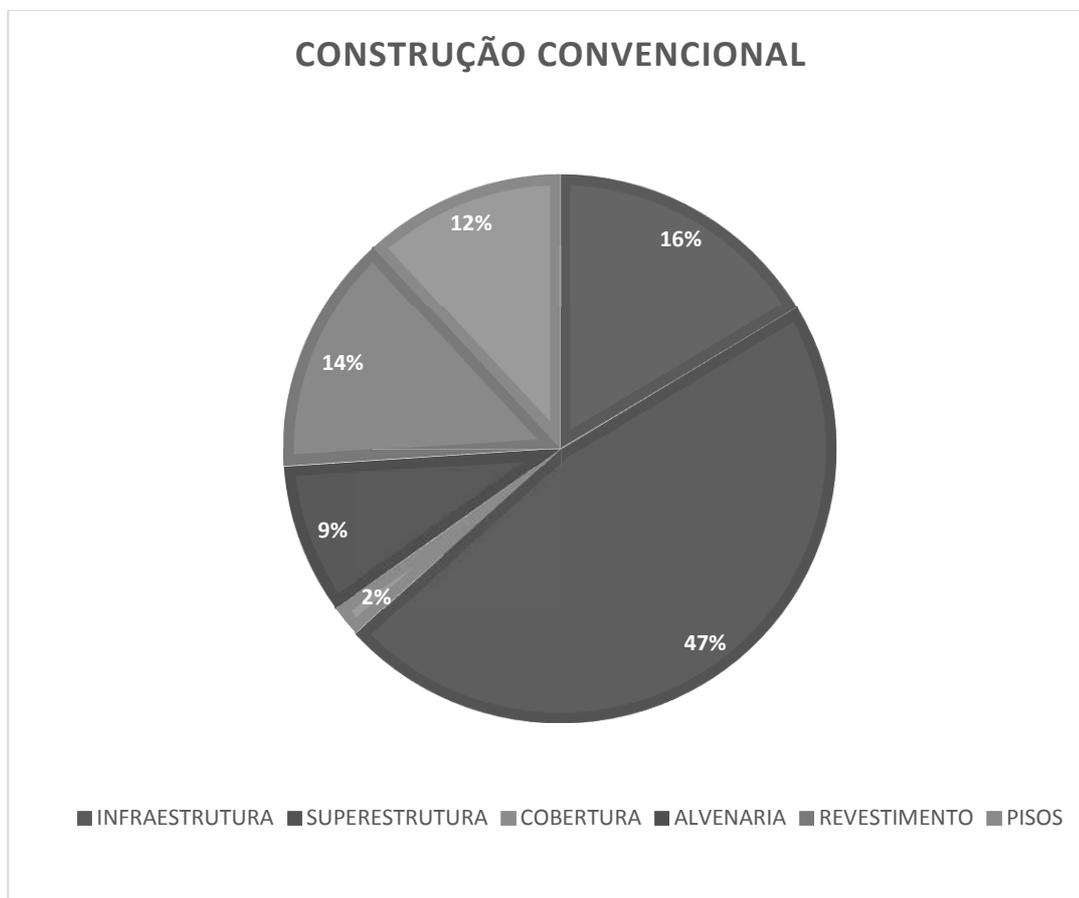


Figura 20: Gráfico de emissão do CO_2 da construção convencional.
Fonte: Autor (2017).

O valor referente a porcentagem da superestrutura se dá devido a quantidade de material de aço e concreto empregue nessa etapa do método construtivo.

4.4 COMPARAÇÃO POR ETAPA CONSTRUTIVA

Para fornecer maior detalhamento da análise comparativa estão apresentados os resultados por etapas, ou seja, por atividades comuns nos dois tipos de sistemas.

4.4.1 Infraestrutura e pisos

As Tabelas 5 e 6 apresentam as toneladas de CO_2 resultantes para os dois serviços. Como optou-se por fazer a fundação do tipo radier para *LSF*, o valor da infraestrutura desse sistema foi maior que o sistema convencional, isso devido a diferença na quantidade de armadura, lastro de brita e concreto.

**Tabela 5 - Comparativo de emissão da infraestrutura.
Infraestrutura**

<i>Construção convencional</i>			<i>Light Steel Frame</i>		
Atividade	Quantidade	tCO2	Atividade	Quantidade	tCO2
Lastro de brita e=5cm	8,990 t	0,773	Lastro de brita e=7cm	14,985 t	1,289
Fôrma	1,048 m ³	0,424	Fôrma	0,251 m ³	0,101
Armadura de aço 4,2 mm	0,042 t	0,077	Armadura de aço 4,2 mm - malha	0,196 t	0,362
Armadura de aço 5 mm	0,010 t	0,018	Armadura de aço 8 mm	0,054 t	0,099
Armadura de aço 8 mm	0,141 t	0,260	Armadura de aço 4,2 mm - estribos	0,015 t	0,027
Concreto fck=20 MPa	6,070m ³	2,246	Concreto fck=20 MPa	10,35 m ³	3,803
Total da etapa		3,800	Total da etapa		5,709

Fonte: Autor (2017).

Todavia, as atividades de lastro de brita e lastro de concreto foram considerados como “pisos” no convencional, e no *LSF* foram substituídas pelo radier projetado na base da casa. Logo, como apresentado na Tabela 6 a seguir, a diferença para o serviço de piso de ambos os métodos é bastante significativa.

Tabela 6 - Comparativo de emissão de pisos.

Pisos

<i>Construção convencional</i>			<i>Light Steel Frame</i>		
Atividade	Quantidade	tCO2	Atividade	Quantidade	tCO2
Lastro de brita e=10cm	18,78 t	1,615	Regularização com argamassa e=3cm	3,5637 t	0,702
Lastro de Concreto e = 8cm	3,07m ³	1,136			
Total da etapa		2,751	Total da etapa		0,702

Fonte: Autor (2017).

Apesar disso, se somados os orçamentos de emissão da infraestrutura e de pisos, como mostra a Tabela 7, o valor total da diferença resulta em apenas 2,14 % de redução para o *LSF*.

Tabela 7 - Valores para infraestrutura e pisos dos dois sistemas construtivos

	Construção convencional	Light Steel Frame
Infraestrutura	3,800	5,709
Pisos	2,751	0,702
Valor Total	6,551	6,411

Fonte: Autor (2017).

Com isso, percebe-se que esta etapa, para ambos os métodos e aproximada e não corresponde a uma diferença significativa de emissões.

4.4.2 Superestrutura

Na Tabela 8 são apresentados os resultados referentes à superestrutura para os dois sistemas construtivos.

**Tabela 8 - Comparativo de emissão na superestrutura
Superestrutura**

<i>Construção convencional</i>			<i>Light Steel Frame</i>		
Atividade	Quantidade	tCO2	Atividade	Quantidade	tCO2
Fôrma - pilar	5,095 m ³	2,063	Estrutura de aço	719,08 kg	1,327
Fôrma - viga	17,710	7,173	Placa cimentícia – caixa	0,1618 t	0,079
Armadura de aço 4,2mm	0,054 t	0,100			
Armadura de aço 8mm	0,126 t	0,233			
Armadura de aço 10 mm	0,029 t	0,054			
Concreto 15Mpa	2,080 m ³	0,722			
Escoras de eucalipto	0,673 t	0,275			
Concreto 15 MPA -verga e contra-verga	0,77 m ³	0,267			
Total da etapa		10,89	Total da etapa		1,406

Fonte: Autor (2017).

Pode ser constatado que o sistema convencional emite aproximadamente 7,75 vezes mais CO_2 na etapa da superestrutura que o *light steel frame*, isso devido a gama e quantidade de materiais que são utilizados.

4.4.3 Cobertura

A cobertura é o sistema que mais se aproxima entre os métodos.

Tabela 9 - Comparativo de emissão na cobertura
Cobertura

<i>Construção convencional</i>			<i>Light Steel Frame</i>		
Atividade	Quantidade	tCO2	Atividade	Quantidade	tCO2
Estrutura de Madeira	1,06 m ³	0,43	Estrutura de aço	286,71 kg	0,517
Total da etapa		0,43	Total da etapa		0,517

Fonte: Autor (2017).

Mesmo possuindo grande diferença em relação aos valores dos fatores de conversão do aço e da madeira, acredita-se que a proximidade do valor final resultante entre os métodos construtivos se deu devido ao fato da estrutura de cobertura de madeira e aço possuírem seções distintas.

4.4.4 Fechamento e Revestimento

Para comparação foram somadas as etapas alvenaria e revestimento de paredes, isso foi necessário porque estas duas são aglomeradas em uma única etapa no sistema em *LSF*.

**Tabela 10 - Comparativo de emissão no fechamento e revestimento
Fechamento e Revestimento**

<i>Construção convencional</i>			<i>Light Steel Frame</i>		
Atividade	Quantidade	tCO2	Atividade	Quantidade	tCO2
Alvenaria	155,80 m ²	2,06	Lã de vidro	165,83 m ²	8,96.10 ⁻⁵
Chapisco	311,60 m ²	0,432	Gesso acartonado	142,02 m ²	1,360
Emboço	311,60 m ²	2,517	Placa cimentícia	146,34 m ²	0,804
Reboco	257,06 m ²	0,346	Placa OBS	288,36 m ²	0,954
Total da etapa		5,36	Total da etapa		3,119

Fonte: Autor (2017).

Percebe-se que a diferença de valores para ambos os métodos é devido a necessidade de alvenaria e argamassa no método convencional, enquanto o *LSF* não emprega tais materiais por ser um sistema pré-fabricado.

4.4.5 Síntese das etapas

No gráfico da Figura 21 são mostradas as diferenças entre os serviços, através das porcentagens apresentadas com referência ao sistema convencional. Ficando assim, mais claro onde existe maior divergência entre os orçamentos de emissão, tanto de maneira positiva para *LSF*, em verde, quanto negativa, em vermelho.

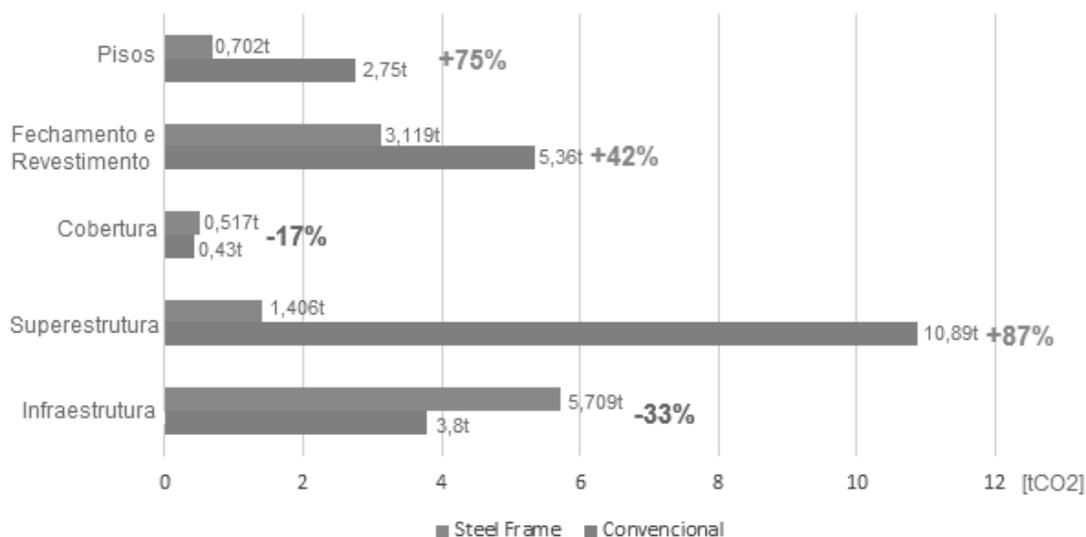


Figura 21: Comparação de etapas
Fonte: Autor (2017).

Assim como já discutido, a infraestrutura do *steel frame* é a maior responsável pela emissão de dióxido de carbono em relação ao sistema convencional. Este fato decorre pelo sistema já se utilizar de uma infraestrutura como base para o piso, e pelo material predominante ser o concreto e as barras de aço. A cobertura, mesmo possuindo valores aproximados, a metodologia do *steel frame* emite maior quantidade do que o convencional devido a utilização de aço nessa estrutura.

4.5 COMPARAÇÃO ENTRE VALORES FINAIS

O valor total de emissão de dióxido de carbono do sistema convencional é aproximadamente 50% superior ao do *light steel frame*, como mostrado resumidamente na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores finais de orçamento de emissões discriminados
Métodos construtivos

	Convencional	<i>Light Steel Frame</i>
Total calculado (tCO ₂)	23,22	11,452

Fonte: Autor (2017).

Embora exista expressiva diferença de valores, vale destacar que não foram considerados todos os fatores que podem impactar na análise de viabilidade final do sistema, como relação custo benefício, resíduos sólidos, materiais de construção sustentáveis e demais gases causadores de efeito estufa, visto que o foco do trabalho é a análise de emissão especificamente de dióxido de carbono.

5 CONCLUSÃO

A elaboração do orçamento comparativo de emissões permitiu o desenvolvimento de diversas análises, como a diferença dos materiais e a quantidade dos mesmos para cada método e ainda o valor de emissões para cada etapa construtiva. A partir disso, constatou-se que a construção utilizando a técnica do *light steel frame* emite durante todo o processo de construção menor quantidade de dióxido de carbono a atmosfera.

Este fato se deve, em particular ao sistema pré-fabricado não necessitar de concreto na fase da superestrutura e argamassa na fase de revestimento, materiais esses que contabilizam grande quantidade de peso à obra e, por conseguinte fator de emissões.

Vale destacar que apesar de não ter sido o foco desta pesquisa, a utilização dos sistemas apresentados não torna o projeto sustentável em si, mas sim, contribuem com os conceitos de sustentabilidade. Nessa perspectiva, o trabalho contribui para o conhecimento de alguns sistemas sustentáveis existentes, como forma de incentivar a aplicação desses conceitos em projetos gerando menores impactos ao meio ambiente.

A intensão da pesquisa foi buscar o aprofundamento em relação ao sistema, comparando-o ao sistema convencional justamente para abrir a discussão sobre o papel da construção civil nas questões relacionadas às alterações ambientais negativas, apontando alternativas que possam minimizar tais efeitos. A sugestão para estudos futuros é que se investiguem as demais alterações que a construção civil causa ao ambiente, como exemplo na geração de ruídos e as demais emissões de gases existente, e busquem alternativas para saná-las, se não ao menos, amenizar seus efeitos.

REFERÊNCIAS

ACORONI, Júnior.C.P. SILVA, Arlete.V. SOUZA, Euzério.D. **Eficiência Energética: Melhores Práticas em economia de energia em um setor industrial**. Artigo. Disponível em :<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_junio.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2017.

ACQUASAVE. **Tipos de instalações para aproveitamento de água da chuva**. Disponível em :< <http://acquasave.com.br/>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

_____.**APLICAÇÃO** da madeira na construção civil. Fórum Nacional das Atividades de Base Florestal, Artigo técnico n 24, agosto de 2004.

ALTA ARQUITETURA. **Estrutura de concreto armado, metálica ou madeira**, 2015. Disponível em:<<http://altaarquitetura.com.br/estrutura-concreto-armado-metalica-madeira/>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

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.

ARAÚJO, Márcio A. **A moderna construção sustentável**: Disponível em:<http://www.idhea.com.br/artigos_entrevistas.asp> . Acesso em: 04 abr. 2017.

ARAÚJO, Sidney R. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. 2007. 28 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, Rio de Janeiro, 2007.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto** - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NRB 6120 - **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

_____. ASTM- Standard Specification for Portland Cement – C150

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

BARRETO, Luciano; FREITAS, Andréia; PAIVA, Ligia. **Sequestro de Carbono**. Centro Científico Conhecer, Goiânia, Enciclopédia Biosfera N.07, 2009

BELMOVEIS. **Dúvidas sobre MDF? Saiba mais sobre diferentes tipos**. Disponível em: < <http://www.belmoremoveis.com.br/duvidas-sobre-o-mdf-saiba-mais-sobre-os-diferentes-tipos/>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

BENITE, Anderson. **Emissões de carbono e a construção civil**. São Paulo: CTE (Centro de Tecnologia de Edificações), 2011. Disponível em: < <http://www.cte.com.br/imprensa/2011-02-27-emissoes-de-carbono-e-a-construcao-civ/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

BERRIEL, Andréa. **Arquitetura de madeira: reflexões e diretrizes de projeto para concepção de sistemas e elementos construtivos**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2009.

BERTOLINI, Hibras Osvaldo Lima. **Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade. Projeto de Graduação**. 2013. 98 f. Projeto de Graduação – Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

BORBA, Ana E.O **Proposta de indicadores de sustentabilidade para a Construção Civil**, Dissertação (Pós- graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade do Pernambuco, Pernambuco, 2009.

Blog da Home Center. **Qual a diferença entre lâmpada incandescente, fluorescente e led**, 2015. Disponível em: < <https://blogligacaohomecenter.wordpress.com/2015/07/08/qual-a-diferenca-entre-lampada-incandescente-fluorescente-e-led/>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

BRAGA, Paulo, S,S. **Histórico e Principais elementos estruturais de concreto armado**, 2006. Notas de Aula- Universidade Estadual Paulista, São Paulo. Disponível em: < http://www.deecc.ufc.br/Download/TB798_Estruturas%20de%20Concreto%20I/HIST.pdf >. Acesso em: 17 abr. 2017.

BRAGA, Camila. **Burj Khalifa, a pirâmide da era moderna**, 2010. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/burj-khalifa-a-piramide-da-era-moderna/> >. Acesso em: 17 abr. 2017.

_____. CBCS, CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL. **Sustentabilidade na Construção**, 2007. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/noticia/show.asp?npgCode=DBC0153A-072A-4A43-BB0C-2BA2E88BEBAE>> Acesso em: 05 abr. 2017.

CALIL JUNIOR, Carlito; MOLINA, Julio C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul/dez. Londrina, 2010.

CALIL, C.N. **MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento prestativo**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CAGNA, Thiago. 2014. **Como funcionam e quanto custam os sensores de movimento e de luz**. Disponível em: <<http://ecohospedagem.com/como-funcionam-e-quanto-custam-os-sensores-de-movimento-e-de-luz/>>. Acesso em: 14 out. 2017.

CAMPOS, Clecius. **Conhecia a diferença entre MDF e MDP**. 2010 Disponível em: <http://www.acesa.com/casa/arquivo/eetc/2010/02/05-mdf_mdp/>. Acesso em: 14 abr. 2017.

CARVALHO, Roberto.C. FILHO, Jasson R.F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**- São Carlos: EdUFSCar, 2001. 308p.

CAMPOS, Alessandro. **O que é o light steel frame?** Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=85>>. Acesso em 07 ago. 2017.

CORTE, P. et al. **Geração de Resíduos e Obras da Construção Civil com a Utilização do Sistema Steel Frame**. Anais do VII Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal do Pampa.

CICHINELLI, Gisele. **Reuso de água: Soluções não potáveis**. Revista Técnica, São Paulo.ed.133, abr. 2008.

_____. CMMAD (1991). Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum** (2ª Ed.). Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas (430 p.).

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. .

_____. 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 abr. 2017.

_____. CONAMA. Resolução N° 001 de 23 de janeiro de 1986. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

CUNHA, Rita. CÉSAR, Sandro. **Arquitetura Sustentável em madeira de pinus e de eucalipto**. IN: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo, 2004, 18-21 julho.

CUNHA, Anderson de F. **Construções sustentáveis na engenharia civil**. 2007. 89 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007.

DINIZ, José. Z.F; **Personalidade Entrevistada**. Revista Concreto, São Paulo, n°53, p.8-13 jan/mar. IBRACON.

DCA Arquitetura. **Telhado Verde**. Disponível em: <<http://www.dca.arq.br/index.php/teclado-verde/>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

_____. DISTRITO FEDERAL (estado). SINDUSCON. **Programa Entulho Limpo (1ª Etapa) – Coleta Seletiva: Uma Forma Racional de Tratar os Resíduos Gerados nos Canteiros de Obra. 1ª Etapa**, 2000. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MarceloFelipozzi/plano-entulho-limpo-1etapa> > Acesso em: 05 abr. 2017.

ELETRECISTA BRASIL. **Instalação de sensor de presença**. Disponível em:<<http://www.eletricistabrasil.com.br/nossos-servicos-eletricos/instalacao-sensor-presenca/>> Acesso em: 05 abr. 2017.

ENGENHARIA CIVIL DIÁRIA. **Passo a passo do wood frame**. Disponível em:<<https://engenhariacivildiaria.com/2015/03/11/passo-a-passo-do-wood-frame/>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

FRANCISCO, Diego. **A madeira na história**. Blog Pessoal Portal da Madeira. Disponível em: < <http://portaldamadeira.blogspot.com.br/2008/12/madeira-na-historia.html> >. Acesso em: 14 abr. 2017.

GARÉ, José Carlos. **Contribuições da Construção Civil Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável**. 2011, Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Paulo, 2011.

GALINA, Rodrigo; CAVALCANTI, Tiago M. **Análise de Eficiência Energética em Hospitais Públicos**. 2012, 89, p. Monografia (Conclusão do curso em Engenharia Elétrica) Universidade Federal do Paraná, Escola de Engenharia Elétrica, Paraná.

GEOGENTE. **O Coliseu, o pão e o circo e a volta a barbárie**. Disponível em:<<https://geogente.wordpress.com/2015/02/22/o-coliseu-o-pao-e-o-circo-e-a-volta-a-barbarie/>> .Acesso em: 05 abr. 2017.

HASS, Deleine Christina Gessi e MARTINS, Louise Floriano. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo steel frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011, 76 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado no curso de Engenharia de Produção Civil, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Curitiba

HOMESTEAD TIMBERS. **The Long Home Lifestyle**. Disponível em :<<http://homesteadtimbers.com/log-home-lifestyle/>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

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

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.

JUNIOR, Nicácio.L.A. **Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica**, 2005. Dissertação (Mestrado e Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

KOVACS, Vera Material sustentável: Desafio pelo caminho. Disponível em:< LABOURIAU-SALGADO, Maria. L. **História Ecológica da Terra** (2ª Ed.). São Paulo, 2001 : Editora Edgard Blucher Ltda (307 p.).

LIMBERGER, Débora C. da M. **Levantamento de custos para implantação de sistemas sustentáveis em uma edificação residencial**. 2015, Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2015.

LUSA, Daiane. **Análise da viabilidade do sistema de coletores solares térmicos como alternativa para redução dos gastos com energia em habitações de interesse social**. 2015. Tese (Pós-graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MANIÁ. **Novas tecnologias na construção civil – MADEIRA LAMINADA COLADA (MDL)**.2016. Disponível em :< <http://www.maniaa.com.br/novas-tecnologias-na-construcao-civil-madeira-laminada-colada-mlc/> > Acesso em: 22 jul. 2017

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.

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.

MARQUES, Luís Eduardo Menezes Marinho. **O Papel da Madeira na Sustentabilidade da Construção**, 2008, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2008.

MASS, Bárbara Holzmann; TAVARES, Sergio Fernando. **Light Steel Framing: uma alternativa para os desperdícios e resíduos dos materiais de construção**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

MATTOS, M. L., **Faça a sua parte!** Revista Casa e Construção. São Paulo, n.37, p.60-63, (s/d).

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2008. 22p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.2008

MAGALHÃES, Luciana. N; SANTOS, Paulo. R. **A MADEIRA LAMINADA COLADA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL** .Revista Construindo, Belo Horizonte, v.1, n.2, p.25-27, jul./dez. 2009

MENDES, Jefferson M. G. **Dimensões da sustentabilidade.** Revistas da Faculdade Santa Cruz, v.7, n.2, p. 50-56, jul./dez. 2009.

MENDONÇA, Francisco. **Aquecimento Global e Saúde: uma perspectiva geográfica- notas introdutórias.** Revista Terra Livre, São Paulo, v.1, n.20, p.205-221, jan/jun.2003.

_____. **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI) – Estimativas Anuais de emissão de gases de efeito estufa no Brasil, 2ºed, 2014,** Distrito Federal, Brasil.

_____. **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI) – Estimativas Anuais de emissão de gases de efeito estufa no Brasil, 3ºed, 2016,** Distrito Federal, Brasil.

_____. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Caderno de consumos sustentáveis; Moradias Sustentáveis; economia e durabilidade.**

MOREIA, Catarina. **Fotossíntese.** Revista de Ciência Elementar, Lisboa; v.1, n.1, out/dez, 2013.

MOREIRA, Helena.M, GIOMETTI, Analúcia.B. **O Protocolo de Quioto e as Possibilidades de Inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de Projetos em Energia Limpa.** Revista Contexto Internacional, Rio de Janeiro; v.30, n.1, jan/ar.2008

MÜLLER, Richard.A. **The Conversion of a Climate Change Skeptic.** The New York Times, 2012.Disponível em :< <http://www.nytimes.com/2012/07/30/opinion/the-conversion-of-a-clima-techange-skeptic.html>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

NETO, José.D. **Uso Eficiente da Água: Aspectos Teóricos e Práticos**. Paraíba, 2008. Disponível em : < <http://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/447/> >. Acesso em : 07 abr. 2017.

NOSÉ, Daniel. 2008. 138 f. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em condomínios residenciais**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, Talita. Y.M. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. 2015, Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015

OLIVEIRA, Gustavo Ventura. **Análise Comparativa entre o Sistema Construtivo em Light Steel Framing e o Sistema Construtivo Tradicionalmente Empregado no Nordeste do Brasil Aplicados na Construção de Casas Populares**. 2012. 78 f. Monografia – Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

OLIVEIRA, Nancy Nunes de. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos**. 2008. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

PEDROSO, Fábio. L.; **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Revista Concreto, São Paulo, n°53, p.14-19 jan/mar, IBRACON.

PETRUCCI, E.G., **Concreto de Cimento Portland**: São Paulo: ABCP, 1981.

PIXABAY. **Doca, píer, lago**. 2012. Disponível em:< <https://pixabay.com/pt/doca-pier-estacas-lago-%C3%A1gua-14493/>> . Acesso em: 07 abr. 2017.

PFEIL, W. PFEIL,M. **Estruturas de Madeira**. 6ª edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2003.

PRICE, L., WORRELL, E., SINTON, J. 2003. **Voluntary Agreements in the Industrial Sector in China**. LBNL- Report 52914.

PORTAL METÁLICA DA CONSTRUÇÃO. **Light Steel Frame**. Disponível em: < <http://wwwo.metallica.com.br/light-steel-framing>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

_____.PUCRS, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Engenharia. Grupo de Eficiência Energética. USE - **Uso Sustentável da Energia** [recurso eletrônico]: guia de orientações / PUCRS, FENG, GEE, PU ; coord. PROAF. - Dados eletrônicos. - Porto Alegre: PUCRS, 2010. Disponível em:< <http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf> >. Acesso em: 09 abr. 2017.

RACHEL, Juliana. **Arquitetura ecológica x Arquitetura sustentável**, 2015. Disponível em :< <http://sustentarqui.com.br/dicas/arquitetura-ecologica-x-arquitetura-sustentavel/> >. Acesso em: 08 abr. 2017.

REBOCHO, Nuno. **Sistema Construtivo encaixe macho-fêmea**. Disponível em: < <http://www.casema.pt/sistema-construtivo-encaixe-macho-femea/> >. Acesso em: 14 abr. 2017.

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

REVISTA DA MADEIRA. **A madeira laminada colada**. Curitiba, ed.124, jul.2010. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1473&subject=MLC&title=A%20madeira%20laminada%20colada >. Acesso em: 22 jul. 2017

ROSARIO, Talita G. do. **Comparativo de custos dos processos construtivos *Steel Frame* e convencional na região de Toledo-PR**. 2016.143 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo,2016.

SANTOS, C.A.B.; FARIAS FILHO, J.R. **Construção civil: um sistema de gestão baseada na logística e na produção enxuta**. ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

SCHIMIDT Franciele.T.M. **Aplicação do conceito de sustentabilidade em uma edificação residencial unifamiliar – estudo de caso**, 2009. 97 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

SELLA, Marcelino.B. **Reuso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SILVA R. W. C., PAULA B. L. 2009. **Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural**. Revista Terra e Didática, Campinas, v.5 p.42-49.

SILVA, Neusiane C, **Telhado verde: Sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. 2011. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, Marcos. **Para ler, ver, ouvir e pensar- Casas de Araucária**. Disponível em: <<http://vrnews.com.br/colunistas/marcos-silva/noticia/para-ler-ver-ouvir-e-pensar-casas-de-araucaria-1>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

SIMAS, Leonardo.S. **Construção Sustentável – Uma nova modalidade para administrar os recursos naturais para a construção de uma casa ecológica**. Bacharelado em Administração, Fundação Visconde de Cairu, Salvador.

SOLETROL. **O que é e como funciona o aquecedor solar de água**. Disponível em: <
<http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/> >.
Acesso em: 05 abr. 2017.

STACHERA, Theodozio. **Avaliação de Emissões de CO2 na Construção Civil: Um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná**. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO., Rio de Janeiro. 2008

STRADULIS, Tatiana G. P. **Coletor de energia solar**. 2004. 48 f. Relatório Final de Instrumentação para o Ensino. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SKIDMORE, OWINGS & MERRILL LLP, **Projects: Burj Khalifa**. Disponível em:<http://www.som.com/projects/burj_khalifa >. Acesso em: 06 abr. 2017.

TAM, C.M.; TAM, V.W.Y.; CHAN, J.K.W.; NG, W.C.Y. **Use of prefabrication to minize construction waste – a case study approach**. The International Journal of Construction Management, p. 91-101, 2005.

TINTAS.NET. **Tijolo ecológico: Preço, vantagens e desvantagens**, 2016. Disponível em: < <http://www.tintas.net.br/2016/11/23/tijolo-ecologico-preco-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Cobertura Verde. Capítulo 51 – Curso de Manejo de águas pluviais**.

Disponível em: < http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo51_telhado_verde.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2017.

UNEP – SBCI (United Nations Environmental Programme – Sustainable Buildings and Climate Initiative). **Common Carbon Metric for Measuring Energy Use and Reporting Greenhouse Gas Emission from Building Operations**, 2012.

McGregor, G. R.; Nieuwolt, S. **Tropical climatology: an introduction to the climates of the low latitudes**. 2. ed. Chichester/England: John Wiley and Sons, 1998.

VASCONCELOS.L.F, FERREIRA.O.M.2007. **Captação de água de chuva para uso domiciliar :Estudo de caso**. Universidade Católica de Goiás. Disponível em:< <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/CAPTA%C3%87%C3%83O%20DE%20C3%81GUA%20DE%20CHUVA%20PARA%20USO%20DOMICILIAR.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

VELLOSO, Dirceu. LOPES, Francisco. **Fundações profundas**.vol.2. COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.

WEIERBACHER, Leonardo. **Estudo de Captação e Aproveitamento de Água da Chuva na Indústria Moveleira Bento Móveis de Alvorada – RS**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.

YU, Chang. M. **Sequestro Florestal de Carbono no Brasil – Dimensões Políticas, socioeconômicas e Ecológicas**, 2004, Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ZENID, Geraldo José. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo: IPT, 2009. 99p.

APÊNDICE I – Critérios de Quantificação

SERVIÇOS IGUAIS PARA ESTRUTURA CONVENCIONAL E LSF

SERVIÇOS PRELIMINARES

- Abrigo provisório de madeira para alojamento e/ou depósito de materiais: considerou-se um abrigo com área de 3,50 m x 1,70 m para utilização como depósito de materiais, e de itens pessoais dos funcionários.
- Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária: levantada de acordo com TCPO uma verba para ligação de água e instalações sanitárias necessárias.
- Ligação provisória de luz e força para obra: levantada de acordo com TCPO uma verba para instalação de energia no local. A unidade de medida utilizada foi a verba.
- Placa: a placa de identificação da obra foi adotada com medida de 1 m.
- Tapume em chapa compensada: as quantidades foram estimadas em função da necessidade de instalações para a obra, medido em metros quadrados.
- Limpeza do terreno: a quantidade foi levantada a partir da área do terreno, em metros quadrados, a ser efetuada a limpeza.
- Portão de madeira em chapa compensada para tapume: levantada uma unidade de portão de medida 3,00 m x 1,00 m.
- Locação da obra: a quantidade linear do gabarito foi levantada conforme solicitado em projeto e dimensões do terreno.

REVESTIMENTO DE TETOS

- Forro de PVC: área levantada considerando a área de todos os ambientes internos acrescentado do beiral.
- Isolamento térmico com fibra de vidro: por opção, foi adotado para conforto térmico utilizar a fibra de vidro sobre o forro de PVC, esta fibra é mais usada no LSF, porém como a telha escolhida não proporciona isolamento térmico adequado, foi escolhido usar nas duas situações.

ESQUADRIAS

- Esquadrias metálicas e de madeira: foram levantadas todas as esquadrias indicadas nas plantas do projeto arquitetônico.

PINTURA

- Emassamento e pintura das paredes: foi considerada a área a ser pintada, a mesma área de reboco, em metro quadrado, sendo descontados os vãos acima de 2 m² (vãos com área superior a 2 m², serão descontados apenas o que excedeu a essa área).

- Pintura das esquadrias de madeira: para esta pintura foi multiplicada a área, em metro quadrado, do vão por 3.

INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

- Todas as unidades foram quantificadas de acordo com o projeto hidráulico. As tubulações foram quantificadas por metro linear, já as outras peças serão contadas em unidade.

ACABAMENTOS HIDRÁULICA

- Louças e metais: foram estimadas de acordo com as quantidades de pontos indicados no projeto arquitetônico, sendo utilizada a unidade de medida a unidade.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- Todas as peças foram quantificadas conforme solicitado no projeto elétrico. As tubulações foram quantificadas por comprimento linear, já as outras peças foram contadas em unidade.

SERVIÇOS GERAIS

- Limpeza geral da obra: foi levantada a área do terreno para ser limpada antes da entrega da obra.

SERVIÇOS QUE VARIAM CONFORME ESTRUTURA A SE UTILIZAR

SUPERESTRUTURA

Estrutura convencional

- Fôrma: Foi levantada a área de fôrmas, em metros quadrados, com base no projeto estrutural. Adotou-se madeira de pinus com 2,5 cm de espessura.
- Armadura: a armadura foi quantificada em quilogramas com base no projeto estrutural.
- Concreto: a quantidade de concreto foi determinada em volume, metros cúbicos, com base no projeto estrutural.
- Vergas e contra-vergas: colocadas dentro da superestrutura, para fins de comparação com o *LSF*, onde é montada junto com os painéis. Serão levantadas as larguras de todas as esquadrias e acrescentado mais 30 cm de cada lado para transpasse das vergas, obtendo-se desta forma quantidade total de vergas necessárias. Executada com concreto de 20Mpa.

Estrutura *Light Steel Frame*

- Composição dos painéis: Orçado conforme número de perfis de aço e levantado quantidade em quilograma.
- Mezanino 40X1200X2400 mm – levantada uma unidade de estrutura de OSB, mezanino, utilizada como reforço à estrutura para base da caixa d'água.

INFRAESTRUTURA

Estrutura convencional

- Escavação manual de valas: levantado volume em metros cúbicos em função do volume de concreto dos blocos de fundação e vigas conforme projeto, o volume obtido foi dobrado para se obter o volume de escavação.
- Reaterro de valas: é a metade do volume de escavação, pois a outra metade será ocupada pelo concreto das fundações.
- Lastro de brita apiloado manual: levantado em metros cúbicos, para uma altura de 5 cm, colocado na base das vigas baldrame.
- Fôrma: através do projeto estrutural foi levantada a área, em metros quadrados, das fôrmas. Utilizará madeira de pinus com 2,5 cm de espessura.
- Armadura: a quantidade de armadura foi calculada em massa (quilograma) de acordo com o projeto estrutural.
- Concreto: a quantidade de concreto foi determinada de acordo com o volume, em metro cúbico, com base no projeto estrutural.

Estrutura Light Steel Frame

- Escavação manual de valas: levantado volume em metros cúbicos em função do volume de concreto das vigas de cintamento, em volta da edificação com seção 25 x 15 cm, e de toda base abaixo do piso, com altura de 14 cm, o volume obtido é dobrado apenas para vigas de cintamento, pois a base fica em contato com as faces internas das vigas.
- Reaterro de valas: é a metade do volume de escavação das vigas de cintamento, pois a outra metade será ocupada pelo concreto das fundações.
- Lastro de brita apiloado manual: levantado em metros cúbicos, para uma altura de 7 cm, conforme solicitação da estrutura, colocado na base de toda fundação.
- Lona para impermeabilização: material de lona plástica 120 micras, colocado entre as pedras e o concreto, medida através da área da base, em metros quadrados.
- Fôrma: levantada a área das vigas de cintamento, em metros quadrados, para as fôrmas. Utilizará madeira de pinus com 2,5 cm de espessura.
- Armadura malha de aço 15x15 cm: a quantidade de malha foi calculada através da área de lona multiplicada por dois, isso porque a malha é colocada na base tanto como armadura positiva, quanto para negativa.
- Armadura: a quantidade de armadura para as vigas foi calculada em massa (quilograma) de acordo com o especificado para situação.

- Concreto: a quantidade de concreto foi determinada de acordo com o volume, em metro cúbico, da fundação.

ALVENARIA E REVESTIMENTO

Estrutura convencional

- Alvenaria

- Alvenaria de tijolo cerâmico: foram levantados os comprimentos de todas as paredes internas e externas e multiplicadas pela altura do pé-direito, obtendo-se desta forma a área em metros quadrados de alvenaria. Foram considerados cheios os vãos com área inferior ou igual a 2 m². Já os com área superior a 2 m², seria descontado apenas o que excedeu a essa área.

- Revestimento de paredes

- Chapisco e Emboço: foi considerada a área, em metros quadrados, de alvenaria interna multiplicada por dois, mais uma vez a área da alvenaria externa, obtendo-se a área total destes revestimentos internos. Na área externa adotar a área de alvenaria multiplicada por um.

- Reboco: foi considerada a área, em metros quadrados, de chapisco e emboço, descontando o revestimento cerâmico (azulejo).

- Azulejo: foram somadas as áreas, em metros quadrados, das paredes que receberiam azulejo, conforme indicação do projeto arquitetônico e descontados as áreas das aberturas das esquadrias em cada um dos ambientes.

- Rejuntamento: foi considerada a área de revestimento com azulejo.

Estrutura *Light Steel Frame*

- Isolante térmico acústico lã de vidro: foi levantada conforme área interna.

- Vedação com gesso acartonado: foram utilizadas chapas de gesso acartonado com espessura de 12,5 mm para fechamento das paredes internas, exceto em áreas molhadas.

- Vedação com placa cimentícia: foram utilizadas chapas cimentícias com espessura de 10 mm. Utilizada nas áreas externas e molhadas.

- Painéis de OSB: levantamento utilizando áreas externas, internas e áreas molhadas.

- Membrana hidrófuga: levantamento realizado da mesma maneira que as placas cimentícias.
- Azulejo: calculado da mesma forma que o sistema convencional.
- Rejuntamento: calculado da mesma forma que o sistema convencional.

COBERTURA

Estrutura convencional

- Estrutura de madeira: Executada com madeira pinus de 5 cm de espessura e 10 cm de largura. Medida em m³ do material conforme projeto da cobertura, e não referente á área da projeção da cobertura.
- Telhas: foi considerada a mesma área da estrutura de madeira.
- Cumeeira: foram levantadas as quantidades conforme planta de cobertura do projeto nas divisões das águas do telhado.
- Calhas, rufos e contra-rufos: a quantidade, em metro linear, foi levantada através da planta de cobertura e calculada levando de acordo com a inclinação do telhado.

Estrutura *Light Steel Frame*

- Estrutura de aço: Obtido através do projeto da cobertura em metros e convertido em kg de aço conforme perfis.
- Telhas: da mesma maneira que o convencional.
- Cumeeira: da mesma maneira que o convencional.
- Calhas, rufos e contra-rufos: da mesma maneira que o convencional.

IMPERMEABILIZAÇÕES

Estrutura convencional

- Pintura betuminosa: foram levantadas as dimensões das vigas baldrame para obter as áreas, em metros quadrados, a serem impermeabilizadas.
- Impermeabilização de piso: medida em planta a área que está o chuveiro, delimitada pelo box do banheiro, a unidade de medida é o metro quadrado.

Estrutura *Light Steel Frame*

- Impermeabilização: área dos pisos e paredes, delimitada pelo box com altura de 1,80 m, e também área de paredes internas, onde há torneiras de medida 1,00 m x 1,00 m, a unidade de medida é o metro quadrado.

PISOS

Estrutura convencional

- Aterro apiloado: foi quantificado levantando-se as áreas de piso, multiplicadas por 20 cm, obtendo-se desta forma o volume de aterro necessário para a base dos pisos. A unidade de medida adotada foi o metro cúbico.
- Lastro de brita: foram levantadas as áreas de piso do pavimento térreo, multiplicado por 0,10 m, obtendo-se desta forma o volume de lastro de brita, em metro cúbico, necessário para a base dos pisos.
- Lastro de concreto: foram obtidas as áreas de piso do pavimento térreo, multiplicado por 0,05 m, obtendo-se desta forma o volume, em metro cúbico, de lastro de concreto, necessário para o contra piso.
- Argamassa de regularização: foram somadas todas as áreas de piso da edificação, obtendo-se desta forma a área, em metro quadrado, a ser regularizada. Espessura da argamassa regularizadora é de 3cm.
- Cerâmica: foram somadas todas as áreas, em metro quadrado, indicadas no projeto que seriam revestidas com piso cerâmico, obtendo-se desta forma a área total de piso cerâmico.
- Piso parquet: foram somadas todas as áreas, em metro quadrado, restantes de piso que não seriam revestidos com piso cerâmico.
- Rodapé: através da soma dos perímetros de todos os ambientes, em metro, que receberam revestimento de piso parquet.
- Soleira: foram levantadas todas as larguras das portas, em metros, obtendo-se desta forma a quantidade total de soleiras.

Estrutura *Light Steel Frame*

Os três primeiros itens do orçamento convencional foram substituídos pela fundação no LSF.

- Argamassa de regularização: da mesma maneira que o convencional.
- Cerâmica: da mesma maneira que o convencional.
- Piso parquet: da mesma maneira que o convencional.
- Rodapé: da mesma maneira que o convencional.
- Soleira da mesma maneira que o convencional.

APÊNDICE II – Levantamento do quantitativo

LEVANTAMENTO QUANTITATIVO - ALVENARIA CONVENCIONAL			
ID.	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT.
1 SERVIÇOS PRELIMINARES			
1.1	Abrigo provisório de madeira para alojamento e/ou depósito de materiais	M ²	5,95
1.2	Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária.	VB	1,00
1.3	LIGAÇÃO provisória de energia	VB	1,00
1.4	PLACA de identificação de obra	M ²	1,00
1.5	Tapume chapa de madeira compensada, inclusive montagem - madeira resinada compensada e = 6 mm - m ²	M ²	96,80
1.6	LIMPEZA GERAL do terreno	M ²	240,00
1.7	PORTÃO DE MADEIRA em chapa compensada para tapume	UN	1,00
1.8	LOCAÇÃO da obra	M	40,00
2 INFRAESTRUTURA			
2.1	ESCAVAÇÃO MANUAL de vala, profundidade até 1,5 m (BALDRAME)	M ³	12,14
2.2	REATERRO DE VALAS e compactação manual (BALDRAME)	M ³	6,07
2.3	LASTRO DE BRITA apiloado manual e=5cm (BALDRAME)	M ³	2,94
2.4	FÔRMA (estaca, bloco e baldrame)	M ²	41,91
2.5	Armadura de Aço CA - 60; 4,2 mm	KG	41,54
2.6	Armadura de Aço CA - 60; 5 mm	KG	9,85
2.7	Armadura de Aço CA - 50; 8 mm	KG	140,66
2.8	CONCRETO fck=20 MPa (estaca, bloco e baldrame)	M ³	6,07
3 SUPER ESTRUTURA			
3.1	FÔRMA em chapa compensada (pilar)	M ²	20,38
3.2	FÔRMA em chapa compensada (viga)	M ²	70,84
3.3	Armadura de Aço CA - 60; 4,2 mm	KG	54,02
3.4	Armadura de Aço CA - 50; 8 mm	KG	126,18
3.5	Armadura de Aço CA - 50; 10 mm	KG	29,10
3.6	CONCRETO 15 MPa (pilar e viga)	M ³	2,08
3.7	ESCORAS de eucalipto	M ²	6,73
3.8	CONCRETO 15 MPa (Vergas e contra-verga)	M ³	0,77
4 COBERTURA			
4.1	ESTRUTURA de madeira	M ³	1,0567
4.2	TELHAS fibrocimento (i= 20%)	M ²	89,88
4.3	CUMEEIRA	M	10,70
4.4	CALHAS, RUFOS E CONTRA-RUFOS	M	8,56
5 IMPERMEABILIZAÇÕES			

5.1	IMPERMEABILIZAÇÃO de baldrames com aditivo hidrófugo	M ²	43,28
5.2	IMPERMEABILIZAÇÃO de piso box	M ²	1,90
6 ALVENARIA			
6.1	ALVENARIA de vedação com bloco cerâmico furado	M ²	155,80
7 REVESTIMENTO DE PAREDES			
7.1	CHAPISCO interno/externo	M ²	311,60
7.2	EMBOÇO interno/externo	M ²	311,60
7.3	REBOCO interno/externo	M ²	257,06
7.4	AZULEJO em áreas úmidas até o teto	M ²	54,54
7.5	REJUNTAMENTO	M ²	54,54
8 PISOS (INTERNO E EXTERNO)			
8.1	ATERRO APILOADO	M ³	12,28
8.2	LASTRO DE BRITA e= 10 cm apiloado manual para piso em concreto	M ³	6,14
8.3	LASTRO DE CONCRETO (contrapiso) espessura: 8 cm para piso em concreto	M ³	3,07
8.4	REGULARIZAÇÃO DESEMPENADA de base para revestimento de piso com argamassa de cimento e areia	M ²	61,42
8.5	PISO CERÂMICO	M ²	13,63
8.6	PISO PARQUET	M ²	47,79
8.7	RODAPÉ	M	52,40
8.8	SOLEIRA	M	5,50
9 REVESTIMENTO DE TETOS			
9.1	FORRO DE PVC	M ²	81,30
9.2	Isolamento térmico com fibra de vidro	M ²	81,30
10 ESQUADRIAS			
10.1	PORTA de abrir em madeira 80x210 cm - 1 FOLHA	un	6,00
10.2	PORTA de abrir em madeira 70x210 cm - 1FOLHA	un	1,00
10.3	CONJUNTO DE JANELA de correr em alumínio instalada	un	6,00
11 PINTURA (parede)			
11.1	EMASSAMENTO externo com massa acrílica	M ²	91,18
11.2	EMASSAMENTO interno com massa PVA	M ²	175,45
11.3	PINTURA c/ TINTA LÁTEX ACRÍLICO sobre massa acrílica EXTERNA	M ²	91,18
11.4	PINTURA c/ TINTA LÁTEX ACRÍLICO sobre massa PVA INTERNA	M ²	175,45
11.5	PINTURA portas de madeira com verniz	M ²	34,65
12 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS			
12.1	Água Fria		-
12.1.1	Caixa d' água 500 litros	un	1,00
12.1.2	Joelho 90° 50mm PVC	un	8,00

12.1.3	Tê 50 x 25mm PVC	un	2,00
12.1.4	Joelho 90° 25mm PVC	un	15,00
12.1.5	Tê 25 x 25mm PVC	un	2,00
12.1.6	RG 3/4"	un	2,00
12.1.7	RP 3/4"	un	1,00
12.1.8	Válvula de descarga acionamento simples	un	1,00
12.1.9	Tubo 50mm PVC	M	10,27
12.1.10	Tubo 25mm PVC	M	41,05
12.1.11	Torneira com bóia 25mm x 3/4"	un	1,00
12.2	Esgoto		
12.2.1	Caixa de passagem ou de inspeção	un	4,00
12.2.2	Junção 100 x 50mm PVC	un	1,00
12.2.3	Joelho 45° 100mm PVC	un	1,00
12.2.4	Joelho 90° 100mm PVC	un	1,00
12.2.5	Joelho 90° 50mm PVC	un	6,00
12.2.6	Joelho 90° 40mm PVC	un	3,00
12.2.7	Tubo 40mm PVC PVB para esgoto	M	2,55
12.2.8	Tubo 50mm PVC PVB para esgoto	M	4,19
12.2.9	Tubo 100mm PVC PVB para esgoto	M	25,40
12.2.10	Caixa sifonada	un	1,00
13	ACABAMENTOS HIDRÁULICA		
13.1	Chuveiro elétrico	un	1,00
13.2	Lavatório de coluna suspensa	un	1,00
13.3	Bacia sanitária de louça sifonada convencional	un	1,00
13.4	Torneira cromada de mesa p/ lavatório	un	1,00
13.5	Porta papel de louça branca	un	1,00
13.6	Torneira de pressão metálica	un	1,00
13.7	Tanque de concreto	un	1,00
13.8	Torneira cromada sem bico p/ tanque	un	1,00
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
14.1	Entrada de Energia em caixa de chapa de aço	un	1,00
14.2	Caixa de passagem de embutir no piso	un	8,00
14.3	Interruptor simples 1 tecla - 1,10m do piso	un	8,00
14.4	Interruptor simples 2 teclas - 1,10m do piso	un	34,00
14.5	Interruptor simples 3 teclas - 1,10m do piso	un	3,00
14.6	Luminária com 1 lâmpada fluorescente comum 20W	un	19,00
14.7	Ponto 2P+T a 2,20m do piso	un	1,00
14.8	Quadro de distribuição - embutir	un	1,00
14.9	Tomada universal 2P a 0,30m do piso	un	30,00
14.10	Caixa sextavada (de PVC de ligação octogonal para eletroduto flexível)	un	26,00
14.11	Disjuntor monofásico 20A	un	8,00
14.12	Fio 2,5mm ²	M	407,60
14.13	Fio 4,0mm ²	M	13,78
14.14	Fio 6,0mm ²	M	10,00
14.15	Fio 10,0mm ²	M	24,13
14.16	Eletroduto de PVC flexível corrugado 1"	M	182,20
15	SERVIÇOS GERAIS		
15.1	LIMPEZA GERAL da Obra	M ²	308,00

Fonte: Autor (2017).

LEVANTAMENTO QUANTITATIVO - STEEL FRAME			
ID.	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT.
1	SERVIÇOS PRELIMINARES		
1.1	Abrigo provisório de madeira para alojamento e/ou depósito de materiais	M ²	5,95
1.2	Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária.	VB	1,00
1.3	LIGAÇÃO provisória de energia	VB	1,00
1.4	PLACA de identificação de obra	M ²	1,00
1.5	Tapume chapa de madeira compensada, inclusive montagem - madeira resinada compensada e = 6 mm - m ²	M ²	96,80
1.6	LIMPEZA GERAL do terreno	M ²	240,00
1.7	PORTÃO DE MADEIRA em chapa compensada para tapume	UN	1,00
1.8	LOCAÇÃO da obra	M	40,00
2	INFRAESTRUTURA		
2.1	ESCAVAÇÃO MANUAL de vala (viga de cintamento 25 x 15 cm, e base da fundação e=14 cm)	M ³	11,60
2.2	REATERRO DE VALAS e compactação manual (vigas de cintamento)	M ³	1,25
2.3	LASTRO DE BRITA apiloado manual e=7cm (toda área da fundação)	M ³	4,90
2.4	Lona para impermeabilização	M ²	64,99
2.5	FÔRMA (vigas de cintamento)	M ²	10,02
2.6	Armadura de Aço CA - 60; (malha Ø 4,2 mm 15X15 cm)	M ²	129,98
2.7	Armadura de Aço CA - 50; 8 mm	KG	53,72
2.8	Armadura de Aço CA - 60; 4,2 mm (estribos)	KG	14,77
2.9	CONCRETO fck=20 MPa (estaca, bloco e baldrame)	M ³	10,35
3	SUPER ESTRUTURA		
3.1	ESTRUTURA de aço	kg	719,08
3.2	Mezanino Pro SMART 40x1200x2400 - Base para Caixa de placa cimentícia	M ²	2,88
4	COBERTURA		

4.1	ESTRUTURA de aço	kg	286,71
4.2	TELHAS fibrocimento (i= 20%)	M ²	89,88
4.3	CUMEEIRA	M	10,70
4.4	CALHAS, RUFOS E CONTRA-RUFOS	M	8,56
5 IMPERMEABILIZAÇÕES			
5.1	IMPERMEABILIZAÇÃO de pisos e paredes	M ²	9,04
6 FECHAMENTO E REVESTIMENTO			
6.1	Isolante térmico acústico lã de vidro	M ²	165,83
6.2	Vedação em gesso acartonado	M ²	142,02
6.3	Vedação em placa cimentícia	M ²	146,34
6.4	Painéis de OSB	M ²	288,36
6.5	Membrana Hidrófuga Fachada	M ²	146,34
6.6	AZULEJO em áreas úmidas até o teto	M ²	54,54
6.7	REJUNTAMENTO	M ²	54,54
7 PISOS (INTERNO E EXTERNO)			
7.1	REGULARIZAÇÃO DESEMPENADA de base para revestimento de piso com argamassa	M ²	61,42
7.2	PISO CERÂMICO retificado 30x30cm	M ²	13,62
7.3	PISO PARQUET (20x20)	M ²	47,80
7.4	RODAPÉ	M	52,40
7.5	SOLEIRA	M	5,50
8 REVESTIMENTO DE TETOS			
8.1	FORRO DE PVC	M ²	81,30
8.2	Isolamento térmico com fibra de vidro	M ²	81,30
9 ESQUADRIAS			
9.1	PORTA de abrir em madeira 80x210 cm - 1 FOLHA	UD	6,00
9.2	PORTA de abrir em madeira 70x210 cm - 1FOLHA	UD	1,00
9.3	CONJUNTO DE JANELA de correr em alumínio instalada	ub	6,00
10 PINTURA (parede)			
10.1	EMASSAMENTO externo com massa acrílica	M ²	91,18
10.2	EMASSAMENTO interno com massa PVA	M ²	165,26

10.3	PINTURA c/ TINTA LÁTEX ACRÍLICO sobre massa acrílica EXTERNA	M²	91,18
10.4	PINTURA c/ TINTA LÁTEX ACRÍLICO sobre massa PVA INTERNA	M²	165,26
10.5	PINTURA portas de madeira com verniz	M²	34,65
11 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS			
11.1	Água Fria	-	
11.1.1	Caixa d' água 500 litros	UD	1,00
11.1.2	Joelho 90° 50mm PVC	UD	8,00
11.1.3	Tê 50 x 25mm PVC	UD	2,00
11.1.4	Joelho 90° 25mm PVC	UD	15,00
11.1.5	Tê 25 x 25mm PVC	UD	2,00
11.1.6	RG 3/4"	UD	2,00
11.1.7	RP 3/4"	UD	1,00
11.1.8	Válvula de descarga acionamento simples	UD	1,00
11.1.9	Tubo 50mm PVC	M	10,27
11.1.10	Tubo 25mm PVC	M	41,05
11.1.11	Torneira com bóia 25mm x 3/4"	UD	1,00
11.2	Esgoto		
11.2.1	Caixa de passagem ou de inspeção	UD	4,00
11.2.2	Junção 100 x 50mm PVC	UD	1,00
11.2.3	Joelho 45° 100mm PVC	UD	1,00
11.2.4	Joelho 90° 100mm PVC	UD	1,00
11.2.5	Joelho 90° 50mm PVC	UD	6,00
11.2.6	Joelho 90° 40mm PVC	UD	3,00
11.2.7	Tubo 40mm PVC PVB para esgoto	M	2,55
11.2.8	Tubo 50mm PVC PVB para esgoto	M	4,19
11.2.9	Tubo 100mm PVC PVB para esgoto	M	25,40
11.2.10	Caixa sifonada	UD	1,00
12 ACABAMENTOS HIDRÁULICA			
12.1	Chuveiro elétrico	un	1,00
12.2	Lavatório de coluna suspensa	un	1,00
12.3	Bacia sanitária de louça sifonada convencional	un	1,00
12.4	Torneira cromada de mesa p/ lavatório	un	1,00
12.5	Porta papel de louça branca	un	1,00
12.6	Torneira de pressão metálica	un	1,00
12.7	Tanque de concreto	un	1,00
12.8	Torneira cromada sem bico p/ tanque	un	1,00
13 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS			

13.1	Entrada de Energia em caixa de chapa de aço	UD	1,00
13.2	Caixa de passagem de embutir no piso	UD	8,00
13.3	Interruptor simples 1 tecla - 1,10m do piso	UD	8,00
13.4	Interruptor simples 2 teclas - 1,10m do piso	UD	34,00
13.5	Interruptor simples 3 teclas - 1,10m do piso	UD	3,00
13.6	Luminária com 1 lâmpada fluorescente comum 20W	UD	19,00
13.7	Ponto 2P+T a 2,20m do piso	UD	1,00
13.8	Quadro de distribuição - embutir	UD	1,00
13.9	Tomada universal 2P a 0,30m do piso	UD	30,00
13.10	Caixa sextavada (de PVC de ligação octogonal para eletroduto flexível)	UD	26,00
13.11	Disjuntor monofásico 20A	UD	8,00
13.12	Fio 2,5mm ²	M	407,60
13.13	Fio 4,0mm ²	M	13,78
13.14	Fio 6,0mm ²	M	10,00
13.15	Fio 10,0mm ²	M	24,13
13.16	Eletroduto de PVC flexível corrugado 1"	M	182,20
14 SERVIÇOS GERAIS			
14.1	LIMPEZA GERAL da Obra	M ²	308,00

Fonte: Autor (2017).

APÊNDICE III - Orçamento de Emissões CO_2 Light Steel Frame

ID.	DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	UN	QUANT	F.C.	(tCO2)
2	INFRAESTRUTURA						
2.3	LASTRO DE BRITA apiloado manual e=7cm (toda área da fundação)	M3	4,90	t	14,985	0,086	1,289
2.5	FÔRMA (vigas de cintamento) e=2,5cm	M2	10,02	m³	0,2505	0,405	0,101
2.6	Armadura de Aço CA - 60; (malha Ø 4,2 mm 15X15 cm)	M2	129,98	t	0,19624	1,845	0,362
2.7	Armadura de Aço CA - 50; 8 mm	KG	53,72	t	0,05372	1,845	0,099
2.8	Armadura de Aço CA - 60; 4,2 mm (estribos)	KG	14,77	t	0,014773	1,845	0,027
2.9	CONCRETO fck=20 MPa (estaca, bloco e baldrame)	M3	10,35	m³	10,35	0,37	3,830
SOMA							5,709
3	SUPER ESTRUTURA						
3.1	ESTRUTURA de aço	kg	719,08	t	0,71908	1,845	1,327
3.2	Mezanino Pro SMART 40 x 1200 x 2400 - Base para Caixa - Placa cimentícia	m²	2,88	t	0,1618	0,491	0,079
SOMA							1,406
4	COBERTURA						
4.1	ESTRUTURA de aço e=10cm	kg	286,71	t	0,28	1,845	0,517
SOMA							0,517
6	FECHAMENTO E REVESTIMENTO						
6.1	Isolante térmico acústico lâ de vidro e=20mm	m²	165,83	t	0,06634	0,00135	0,0000896
6.2	Vedação em gesso acartonado e=1,5 cm	m²	142,02	m³	1,77525	0,766	1,360
6.3	Vedação em placa cimentícia e=8mm	m²	146,34	t	1,638	0,491	0,804
6.4	Painéis de OSB e=1,0cm	m²	288,36	m³	2,8836	0,331	0,954
SOMA							3,119
7	PISOS (INTERNO E EXTERNO)						

7.1	REGULARIZAÇÃO DESEMPENADA de base para revestimento de piso com argamassa e=cm	m2	61,42	t	3,5637	0,197	0,702
SOMA							0,702
Total (tCO2)							11,452

Fonte: Autor (2017).

APÊNDICE IV - Orçamento de Emissões CO₂ Convencional

ID.	DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	UN	QUANT	F.C.	(tCO ₂)
2	INFRAESTRUTURA						
2.3	LASTRO DE BRITA apilado manual e=5cm (BALDRAME)	M3	2,94	t	8,990	0,086	0,773
2.4	FÔRMA (estaca, bloco e baldrame) e=2,5cm	M2	41,91	m ³	1,048	0,405	0,424
2.5	Armadura de Aço CA - 60; 4,2 mm	KG	41,54	t	0,042	1,845	0,077
2.6	Armadura de Aço CA - 60; 5 mm	KG	9,85	t	0,010	1,845	0,018
2.7	Armadura de Aço CA - 50; 8 mm	KG	140,66	t	0,141	1,845	0,260
2.8	CONCRETO fck=20 MPa (estaca, bloco e baldrame)	M3	6,07	m ³	6,070	0,370	2,246
SOMA							3,80
3	SUPER ESTRUTURA						
3.1	FÔRMA em chapa compensada (pilar)	M2	20,38	m ³	5,095	0,405	2,063
3.2	FÔRMA em chapa compensada (viga)	M2	70,84	m ³	17,710	0,405	7,173
3.3	Armadura de Aço CA - 60; 4,2 mm	KG	54,02	t	0,054	1,845	0,100
3.4	Armadura de Aço CA - 50; 8 mm	KG	126,18	t	0,126	1,845	0,233
3.5	Armadura de Aço CA - 50; 10 mm	KG	29,10	t	0,029	1,845	0,054
3.6	CONCRETO 15 MPa (pilar e viga)	M3	2,08	m ³	2,080	0,347	0,722
3.7	ESCORAS de eucalipto ø10cm	M2	6,73	m ³	0,673	0,409	0,275
3.8	CONCRETO 15 MPa (Vergas e contra-vergas)	M3	0,77	m ³	0,770	0,370	0,285
SOMA							10,90
4	COBERTURA						
4.1	ESTRUTURA de madeira	M3	1,06	m ³	1,0576	0,405	0,428328
SOMA							0,43
6	ALVENARIA						
6.1	ALVENARIA de vedação com bloco cerâmico furado e=9cm	M2	155,80	t	18,582	0,111	2,062602
SOMA							2,06
7	REVESTIMENTO DE PAREDES						
7.1	CHAPISCO interno/externo e=5mm	M2	311,60	t	3,108	0,139	0,432
7.2	EMBOÇO interno/externo e=3cm	M2	311,60	t	18,105	0,139	2,517
7.3	REBOCO interno/externo e=5mm	M2	257,06	t	2,489	0,139	0,346
SOMA							3,29
8	PISOS (INTERNO E EXTERNO)						

8.2	LASTRO DE BRITA e= 10 cm apilado manual para piso em concreto	M3	6,14	t	18,78	0,086	1,615
8.3	LASTRO DE CONCRETO (contra-piso) espessura: 8 cm para piso em concreto	M3	3,07	m ³	3,07	0,37	1,136
SOMA							2,751
Total (tCO2)							23,221

Fonte: Autor (2017).

APÊNDICE V - Fatores de Conversão

Identificação	Unidade	Valor
Aço	(tCO ₂)/tproduto	1,845
Agregados graúdos	(tCO ₂)/tproduto	0,086
Agregados miúdos	(tCO ₂)/tproduto	0,086
Alumínio (perfil)	(tCO ₂)/tproduto	4,441
Argamassa 01	(tCO ₂)/tproduto	0,197
Argamassa 02	(tCO ₂)/tproduto	0,162
Argamassa 03	(tCO ₂)/tproduto	0,142
Argamassa 04	(tCO ₂)/tproduto	0,19
Argamassa 05	(tCO ₂)/tproduto	0,159
Argamassa 06	(tCO ₂)/tproduto	0,139
Argamassa 07	(tCO ₂)/tproduto	0,186
Argamassa 08	(tCO ₂)/tproduto	0,155
Argamassa 09	(tCO ₂)/tproduto	0,137
Cal hidratada	(tCO ₂)/tproduto	0,911
Cal virgem	(tCO ₂)/tproduto	1,184
Cerâmica (revestimento)	(tCO ₂)/tproduto	0,187
Cerâmica (telhas e tijolos)	(tCO ₂)/tproduto	0,111
Cimento	(tCO ₂)/tproduto	0,652
Concreto (bloco)	(tCO ₂)/tproduto	0,184
Concreto (piso intertravado)	(tCO ₂)/tproduto	0,27
Concreto (tubo)	(tCO ₂)/tproduto	0,224
Concreto (15MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,347
Concreto (20MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,37
Concreto (25MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,377
Concreto (30MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,407
Concreto (35MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,424
Concreto (40MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,445
Concreto (45MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,471
Concreto (50MPa com cimento CP II - F - 32)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,501
Gesso	(tCO ₂)/m ³ produto	0,639
Gesso (placas)	(tCO ₂)/m ³ produto	0,766
Madeira de Eucalipto	(tCO ₂)/m ³ produto	0,409
Madeira da Amazônia	(tCO ₂)/m ³ produto	0,496
Madeira Pinus	(tCO ₂)/m ³ produto	0,405
Madeira para aglomerado e chapa de fibra	(tCO ₂)/m ³ produto	0,308
Madeira para HDF, MDF, MDP e OSB	(tCO ₂)/m ³ produto	0,331
Plástico (PVC)	(tCO ₂)/tproduto	0,615
Vidro	(tCO ₂)/tproduto	0,844

Fonte: modificada Costa (2012)

Identificação	Unidade	Valor
Lã de vidro	(tCO ₂)/kgproduto	1,35

Fonte: modificada ICE (2008)

Identificação	Unidade	Valor
Placa cimentícia	(tCO ₂)/tproduto	0,491

Fonte: modificada Marcos (2015)

APÊNDICE VI – Cálculo do quilo de aço nos perfis e cobertura

Frame A	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	1,5	1,217	3,651
		2	10	1,217	24,34
	UE	5	1,5	1,34	10,05
		20	2,7	1,34	72,36
Kg de aço					110,401
Frame B	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	0,65	1,217	1,5821
	UE	2	2,7	1,34	7,236
Kg de aço					8,8181
Frame C	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	10	1,217	24,34
		12	0,8	1,217	11,6832
	UE	3	0,6	1,34	2,412
		24	2,7	1,34	86,832
Kg de aço					125,2672
Frame D	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	4	0,7	1,217	3,4076
		2	1,8	1,217	4,3812
	UE	7	2,7	1,34	25,326
		1	0,6	1,34	0,804
Kg de aço					33,9188
Frame E	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	10	1,217	24,34
		8	1,5	1,217	14,604
		4	1	1,217	4,868
	UE	22	2,7	1,34	79,596
		4	1,5	1,34	8,04
1		2,1	1,34	2,814	
Kg de aço					134,262
Frame F	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	3,2	1,217	7,7888
		4	0,8	1,217	3,8944
	UE	9	2,7	1,34	32,562
		1	0,6	1,34	0,804
Kg de aço					45,0492

Frame G	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	3,25	1,217	7,9105
		4	0,8	1,217	3,8944
	UE	1	0,6	1,34	0,804
		9	2,7	1,34	32,562
Kg de aço					45,1709
Frame H	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	3,25	1,217	7,9105
	EU	7	2,7	1,34	25,326
Kg de aço					33,2365
Frame I	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	2,15	1,217	5,2331
	EU	7	2,7	1,34	25,326
Kg de aço					30,5591
Frame J	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	1,16	1,217	2,82344
	UE	3	2,7	1,34	10,854
Kg de aço					13,67744
Frame K	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	2,15	1,217	5,2331
	UE	5	2,7	1,34	18,09
Kg de aço					23,3231
Frame L	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	3,3	1,217	8,0322
		4	0,8	1,217	3,8944
	UE	10	2,7	1,34	36,18
		1	0,7	1,34	0,938
Kg de aço					49,0446
Frame M	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	3,2	1,217	7,7888
	EU	7	2,7	1,34	25,326
Kg de aço					33,1148
Frame N	Tipo	Quantidade	Metragem	Kg/m	Total
	U	2	3,25	1,217	7,9105
	EU	7	2,7	1,34	25,326
Kg de aço					33,2365
TOTAL DE AÇO PERFILS em kg			719,08		

Fonte: Autor (2017).

COBERTURA			
	m	kg/m	kg de aço
Terça	8	1,749	13,992
Tirante	56	1,34	75,04
Pendural	35,6	1,34	47,704
Escora	54,16	1,34	72,5744
Perna	57,76	1,34	77,3984
Total de aço na cobertura em kg			286,7088

Fonte: Autor (2017).

ANEXO B – Painéis e Detalhes do Projeto Estrutural *Light Steel Frame*

Detalhes – Header: Detalhe da disposição dos perfis acima da abertura de vãos.

– Juntadores: Perfis fixados acima da verga para melhor enrijecer a estrutura.

