

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura

Isabella Moura Branco Mendes

**TOMADA DE DECISÃO QUANTO À ESCOLHA DE MATERIAIS,
CONSIDERANDO OS IMPACTOS AMBIENTAIS DO TRANSPORTE
NO CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES**

Belo Horizonte

2020

Isabella Moura Branco Mendes

**TOMADA DE DECISÃO QUANTO À ESCOLHA DE MATERIAIS,
CONSIDERANDO OS IMPACTOS AMBIENTAIS DO TRANSPORTE
NO CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Andréa Franco Pereira.

Belo Horizonte

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

M538i Mendes, Isabella Moura Branco.
Impactos ambientais do transporte no ciclo de vida das edificações
[manuscrito] / Isabella Moura Branco Mendes. - 2020.
46 f. : il.

Orientadora: Dr^a Andréa Franco Pereira.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Escola de Arquitetura.

1. Construção civil - Transporte - Aspectos ambientais. 2. Meio ambiente. I. Pereira, Andréa Franco. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

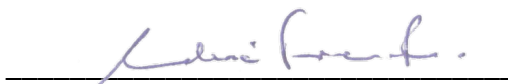
CDD 720.47

Ficha catalográfica: Gustavo Las Casas Provetti Gomes CRB-6/3417.


ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA ISABELLA MOURA BRANCO MENDES COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.

Às 16 horas do dia 19 de junho de 2020, reuniu-se em teleconferência privada, devido à COVID-19, a Comissão Examinadora composta pela Professora Andréa Franco Pereira, Orientadora-Presidente, e pelo Professor Marco Antônio Penido de Rezende, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada "*Impactos ambientais do transporte no ciclo de vida das edificações*" de autoria da aluna Isabella Moura Branco Mendes, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho o conceito D/60. A Comissão recomenda que sejam encaminhados: 01 (um) exemplar impresso para a Biblioteca da Escola de Arquitetura e 01 (um) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas.

Belo Horizonte, 20 de junho de 2020.



Professora Andréa Franco Pereira
Orientadora-Presidente



Marco Antônio Penido de Rezende
Membro Titular

RESUMO

A indústria da construção civil é uma grande consumidora de bens naturais e uma das principais emissoras de poluição, como o CO₂, causado pelos meios de transporte, etapa fundamental durante todo o período de uma obra e durante todo o ciclo de vida dos materiais empregados no sistema. Para entender o desempenho ambiental das edificações, é necessário analisar a interação entre as atividades desenvolvidas durante seu ciclo de vida e o meio ambiente a fim de identificar os impactos causados. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta utilizada para quantificar as energias e materiais necessários (entradas), e os resíduos e emissões liberadas (saídas) de um sistema, permitindo o responsável pela decisão de escolha de materiais, identificar o desempenho ambiental de diversos sistemas e optar pelo que irá proporcionar melhorias no ciclo de vida em análise. Considerando o projetista o ponto de partida do ciclo de vida de edificações, cabe a ele soluções que minimizem os impactos ambientais causados nas edificações. Esse estudo pretende identificar como as decisões de projeto, influenciam os impactos ambientais causados pelo transporte durante o ciclo de vida das edificações.

Palavras Chave: Construção Civil. Transporte. Emissão de CO₂. Avaliação do Ciclo de Vida. Meio Ambiente.

ABSTRACT

The construction industry is a major consumer of natural resources and one of the main emitters of pollution, such as CO₂, induced by means of transport, a fundamental stage throughout the entire construction cycle and life cycle of material used in the system. To understand the environmental performance of buildings, it is necessary to analyze the interaction between the activities developed during the life cycle and the environment in order to identify the impacts caused. Life Cycle Assessment (LCA) is a tool used to quantify the energies and materials needed (inputs), and the waste and emissions released (outputs) from a system, allowing the decision maker to choose materials, identify an environmental performance of several systems and choose what will provide improvements in the life cycle under analysis. Considering the designer as the starting point of the life cycle building, he is responsible for solutions that minimize the environmental impacts caused in the buildings. This study aims to identify how design decisions influence the environmental impacts caused by transport during the life cycle of buildings.

Key words: Civil Construction. Transport. CO₂ Emission. Life Cycle Assessment. Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fases de uma ACV	17
Figura 2 – Bloco de concreto estrutural (a) e bloco cerâmico (b)	20
Figura 3 – Propriedade dos blocos	21
Figura 4 – Distribuição das indústrias de blocos estruturais de concreto e cerâmicos.....	21
Figura 5 – Distâncias percorridas por blocos de concreto (a) e blocos cerâmicos (b)	22
Figura 6 – Emissões de CO ₂ no transporte de blocos de concreto	23
Figura 7 – Emissões de CO ₂ no transporte de blocos de cerâmicos.....	23
Figura 8 – Esquema da ACV do transporte rodoviário de motocicletas, conforme software GABI.	24
Figura 9 – Trechos.....	25
Figura 10 – Formação de ozônio fotoquímico e aquecimento global, por km percorrido em cada trecho.....	25
Figura 11 – Potencial de impacto ambiental entre os trechos durante a fase de transporte	26
Figura 12 – Locais que abrigam o projeto Japan House em 2019.....	29
Figura 13 – Fachada do Japan House São Paulo	30
Figura 14 – Montagem da estrutura de hinoki.....	31
Figura 15 – Artesãos realizando a montagem da estrutura de hinoki.....	31
Figura 16 – Execução da estrutura de hinoki	32
Figura 17 – Shopping Spazio Design	34
Figura 18 – Estudo da forma da cobertura tensionada	35
Figura 19 – Cobertura tensionada.....	35
Figura 20 – Módulo Rebouças	38
Figura 21 – Vazio central	39
Figura 22 – Fechamento das fachadas.....	39
Figura 23 – Modulação de fachada composta por caixilhos	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumos, efeitos e impactos do transporte.....	18
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

GANAA – Grupo de Apoio à Normalização Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

GEE – Gases de Efeito Estufa

FSC – *Forest Stewardship Council*

PSQ – Programas Setoriais da Qualidade

REPA – *Resource Environmental Profile Analysis*

ISO – *International Organization for Standardization*

LISTA DE SÍMBOLOS

CO₂ – Dióxido de carbono

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Justificativa	13
1.4 Ferramentas e Métodos	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Histórico da Avaliação do Ciclo de Vida.....	14
2.2 Fases de uma ACV	14
2.3 Influência do transporte em estudo de ACV	15
2.3.1 ACV de Componentes Arquitetônicos.....	15
2.3.2 Emissões de CO ₂ entre blocos estruturais de concreto e cerâmicos	16
2.3.3 Impactos ambientais no transporte de motocicletas no eixo Belém-Goiânia.....	17
2.4 Impactos ambientais do transporte.....	18
2.5 Sustentabilidade na construção civil.....	19
2.6 Ciclo de vida das edificações.....	19
2.7 Tomada de decisão na construção civil.....	20
3 ANÁLISE DE EDIFICAÇÕES	21
3.1 Japan House, São Paulo/SP	21
3.2 Shopping Spazio Design, Juiz de Fora/MG.....	23
3.3 Módulo Rebouças, São Paulo/SP.....	25
4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

As atitudes do modelo linear de produção industrial e a forma de consumo da sociedade, na qual os recursos naturais são considerados infinitos, ocasionam grandes problemas ambientais, impactando em todas as regiões do mundo (DOS SANTOS *et al.*, 2011). Estes impactos podem ser exemplificados através de impactos localizados, como a poluição atmosférica, poluição de corpos hídricos e descartes de óleos no meio ambiente, o que com o somatório destas intervenções em todo o planeta, acarreta em problemas de saúde pública e de alteração das condições climáticas, cada vez mais presentes nos dias atuais.

Com a conscientização destes impactos, começou-se a discutir medidas de mitigação durante o processo de produção e consumo da sociedade. Uma das medidas que foram criadas, é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), ferramenta na qual analisa os impactos causados por produtos durante todo o seu período de vida. A ACV avalia não somente o processo produtivo, como também ao longo de toda a vida do produto (do berço ao túmulo)(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p.2).

A conscientização ambiental também provocou discussões sobre o impacto dos meios de transporte no meio ambiente, devido ao alto índice de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, sendo o principal causador de problemas que agravam o meio ambiente e a saúde da população (DE VASCONCELLOS, 2007).

A construção civil precisou se atentar às demandas da sociedade e começar a tornar o conceito de desenvolvimento sustentável parte integrante de seus projetos, se preocupando com os danos causados ao meio ambiente e agregando valor às edificações. Porém para exercer este pensamento são necessários muitos estudos e mudanças comportamentais em todos os profissionais do ramo, principalmente aos especificadores de materiais.

Com diferenças tecnológicas em todas as regiões do planeta e com a diversidade de materiais existentes para exercerem a mesma função em uma edificação, a escolha do profissional da construção civil é essencial para contribuir com a sustentabilidade, principalmente ao se levar em conta o transporte dos produtos escolhidos.

A realização deste trabalho analisa como é importante o estudo de ACV no ramo da construção civil, salientando a responsabilidade dos profissionais quanto a escolha dos materiais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Investigar como o processo do transporte se insere no ciclo de vida das edificações.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Ampliar o entendimento sobre Avaliação do Ciclo de Vida e sua legislação vigente;
- Identificar na bibliografia evidências de avaliação do ciclo de vida no ramo da construção civil;
- Ampliar o entendimento sobre o impacto do transporte na construção civil;
- Identificar obras de referência no Brasil sobre edificações que obtiveram materiais a longa distância.

1.3 Justificativa

A construção civil dispõe de vários materiais que cumprem a mesma função em determinadas situações, ou seja, apresentam desempenhos semelhantes. Porém, ao analisar o sistema de cada material em relação aos aspectos ambientais, é possível determinar a dimensão de potenciais impactos a serem causados ao meio ambiente, influenciando assim, no processo de escolha de materiais a serem utilizados pelo profissional da construção.

A análise dos impactos causados pelos sistemas de produtos é necessária devido a consciência de que é preciso alterar as formas de consumo para preservar os bens naturais e evitar problemas ambientais. Esta análise é de suma importância na profissão de projetistas, principalmente pela responsabilidade social, econômica e ambiental em projetos de construção civil. Porém, para obter informações acerca da composição do sistema de produtos, a fim de comparar qual o mais benéfico do ponto de vista ambiental, é necessário compreender metodologias que direcionem a obtenção de dados para o estudo.

Como alternativa para realização dos estudos de sistemas, existe a ACV, na qual analisa os aspectos ambientais, como o impacto do transporte provocado durante a produção de determinado material e o seu deslocamento até o canteiro de obras. Como existem

diferentes níveis tecnológicos nas diversas regiões do planeta, o transporte é etapa fundamental durante o estudo de ACV.

Portanto, a importância do desenvolvimento deste estudo justifica-se pela relevância da ACV no ramo da construção civil e pela relevância da etapa de transporte durante o processo de escolha dos profissionais especificadores. As conclusões propostas por este estudo são aplicáveis a qualquer região do mundo e a outras áreas econômicas e projetos que sofram com mesmo problema.

1.4 Ferramentas e Métodos

A pesquisa é descritiva, com abordagem qualitativa, sendo uma análise e interpretação sobre como o processo do transporte insere no ciclo de vida das edificações. De acordo com os objetivos estabelecidos, adotou-se a estruturação dos capítulos desenvolvidos do trabalho.

A introdução é apresentada no capítulo 1, para contextualizar o estudo. O capítulo 2 é a base do trabalho, no qual foi desenvolvido um estudo de revisão de literatura, em que foram analisadas teses, artigos e legislações com busca na base de dados do Google Acadêmico e do Portal Capes, utilizando os seguintes descritores: construção civil, transporte, emissões de dióxido de carbono (CO₂), avaliação do ciclo de vida, sustentabilidade na construção civil e impacto ambiental.

O capítulo 3 interpreta e analisa edificações de estudo de caso, utilizando método dedutivo com base nas análises do estudo realizado no capítulo 2.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico da Avaliação do Ciclo de Vida

Com a conscientização da importância e necessidade da proteção ambiental, cresceu o interesse em técnicas para compreender e avaliar como minimizar os possíveis impactos causados por produtos manufaturados e consumidos, considerando-se o uso de recursos, saúde humana e consequências ecológicas. Uma destas técnicas é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que “(..) estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p.2).

Os primeiros estudos similares às características e objetivos da ACV datam das décadas de 60 e 70, quando grandes empresas decidiram reduzir custos nos seus processos industriais e inventariaram os consumos energéticos. O primeiro estudo que se tem referência foi desenvolvido pela Coca-Cola, para avaliar as embalagens de refrigerante e selecionar qual apresentava melhor desempenho do ponto de vista ambiental, analisando a utilização dos recursos naturais e emissões de gases durante o processo de produção (SOUSA, 2008).

Ao longo dos anos, as análises foram se difundindo, sendo empregadas em diversos estudos. Com o crescente interesse pelo método de avaliação, surgiram novos fatores relevantes que deveriam ser contabilizados nas análises com maior cautela, como “(...) as emissões para o ar, os efluentes líquidos e a produção de resíduos.” (DOS SANTOS *et al.*, 2011).

A união destas análises com enfoque ambiental é reconhecida como *Resource Environmental Profile Analysis* (REPA), no qual em 1974 foi aprimorada e deu início ao que se conhece atualmente como Avaliação do Ciclo de Vida.

A crescente necessidade de contabilizar e compreender os impactos ambientais para minimizar o efeito estufa e proteger a camada de ozônio foi se expandindo no cenário mundial, e a década de 80 ficou conhecida pelos acordos internacionais. Em 1984, o instituto *Swiss Federal Laboratories for Testing and Research* avaliou os impactos ambientais de embalagens. Após o término do estudo, foram publicadas as informações do ciclo de vida dos materiais analisados em um banco de dados, o que contribuiu para divulgar a metodologia (DOS SANTOS *et al.*, 2011).

Com o crescente conhecimento do método ACV, foram criados diversos bancos de dados para auxiliar em mais estudos. Em 1991 e 1998, foram desenvolvidos os *softwares* *Ökobase* I e II para contribuir com as avaliações e bancos de dados. Com a ampliação dos estudos, sem a aplicação de uma metodologia padronizada e base de dados confiáveis, resultou em avaliações com resultados manipulados, causando ambiguidade na interpretação de casos e descrença do método para avaliação (SEO; KULAY, 2006).

A diversidade de resultados fez com que a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* iniciasse as primeiras padronizações para realização de ACV, o que resultou no documento *Guidelines for Life Cycle Assessment: a Code of Practice*, que em 1993 a *International Organization for Standardization* (ISO), absorveu nas diretrizes e as internacionalizou um padrão de gestão ambiental, série de Normas ISO 14000, sendo:

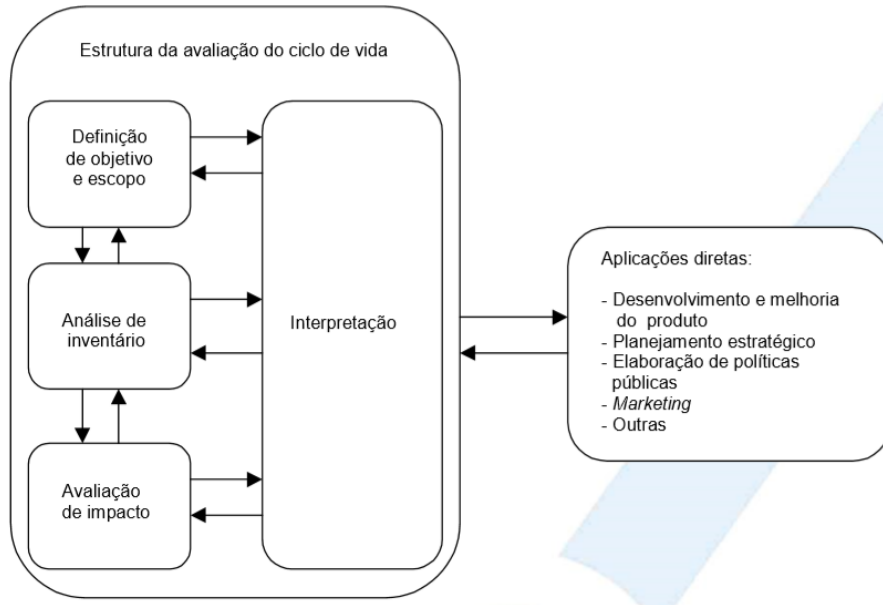
- ISO 14040: *Environmental management – Lyfe Cycle Assessment – Principles and Framework* (1997);
- ISO 14041: *Environmental management – Lyfe Cycle Assessment – Goal scope definition and inventory analysis* (1998);
- ISO 14042: *Environmental management – Lyfe Cycle Assessment – Life cycle impact assessment* (2000);
- ISO 14043: *Environmental management – Lyfe Cycle Assessment – Life cycle interpretation* (2000);

2.2 Fases de uma ACV

Segundo ABNT (2001), a estrutura de uma ACV é composta por quatro fases interdependentes, sendo elas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados. Conforme ilustrado na Figura 1, pode-se retornar a cada fase do estudo a qualquer momento para melhor interpretar o resultado. O resultado contribui com fundamentos para tomadas de decisões.

Para a realização de um estudo de ACV é necessária ampla informação detalhada e de acordo com os padrões da ISO e demais referências. Porém, o intuito deste trabalho é apenas fornecer uma visão geral da ferramenta.

Figura 1 – Fases de uma ACV



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001.

2.3 Impactos ambientais do transporte

Com o aumento da consciência ambiental, os impactos ambientais negativos gerados pelos meios de transporte se tornaram uma preocupação a ser discutida. Grande parte dos problemas ambientais estão relacionados aos meios de transporte que utilizam combustíveis fósseis, no qual em sua queima, geram os Gases de Efeito Estufa (GEE), sendo o CO₂ o produto mais abundante da queima.

Os impactos do transporte não são prejudiciais apenas para a atmosfera, como também implica em danos à saúde da população e ao meio ambiente, como demonstra a tabela 1.

Tabela 1 – Consumos, efeitos e impactos do transporte

Quadro 2.2
Consumos, efeitos e impactos do transporte

Consumos	Efeitos	Impactos
Recursos naturais	Locais	
Solo (espaço)	Pessoas	
Metais	Poluição do ar	Saúde humana
Minérios, rochas	Ruído	Saúde, conforto
Petróleo (para plásticos, asfalto)	Vibrações	Conforto, edificações
Energia	Acidentes	Saúde humana
Fóssil (petróleo, gás)	Congestionamento	Tempo, desgaste
Elétrica	Ambiente	
Biomassa (álcool, óleo vegetal)	Lixo (pneus, veículos)	Solo, subsolo
	Descartes (óleos)	Qualidade das águas
	Globais	
	Efeito estufa (temperatura da Terra, clima)	Aquecimento
		Produção agrícola
		Habitabilidade

Fonte: DE VASCONCELLOS, 2007.

Pesquisas apontam que doenças como malária, diarreia, desnutrição e outras doenças cardiovasculares também são danos indiretos provenientes do aquecimento global, devido a elevada concentração de GEE na atmosfera (FERREIRA, 2014).

Em países com grandes faixas territoriais, escassez em meios de transportes diversificados e em centrais termoeletricas, a contribuição para a emissão de GEE é superior. Como no caso do Brasil, onde o transporte rodoviário corresponde à 93,7% do consumo de fontes de energia derivadas do petróleo, como óleo diesel e gasolina automotiva (BRASIL, 2017).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2018), as emissões de CO₂ causadas pelo homem precisam diminuir cerca de 45% até 2030, para conseguir controlar a temperatura média global com o aumento de 1,5°C no final do ano 2100. Para minimizar as emissões de CO₂ nesta porcentagem, exige-se mudanças rápidas nas atitudes da sociedade para se conseguir superar as consequências dos impactos no futuro.

2.4 Influência do transporte em estudo de ACV

Para realizar um estudo de ACV, é necessário coletar informações para atingir o objetivo definido e obter resultados. Para isto, é preciso calcular dados quantitativos com as principais entradas e saídas de cada processo de um sistema, sendo os processos de extração de matérias-primas, produção, uso, reciclagem/reuso/descarte, tratamento de resíduos e transporte. As entradas e saídas são representadas por material ou energia que entra ou deixa uma unidade de processo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001).

Todo produto, em algum momento do seu ciclo de vida, passa pelo modal de transporte. Seja para transportar matérias-primas ou insumos, para usuários dispersos em um território ou para serviços específicos (FERREIRA, 2014).

Com o aumento da consciência ambiental, a preocupação com os impactos causados pelos meios de transporte começou a ser discutida devido ao agravamento das condições ambientais com o processo de industrialização e urbanização, que ocasionaram alto índice de emissões de dióxido de carbono (CO₂) e o aumento da temperatura na Terra (DE VASCONCELLOS, 2007).

Devido a extensa faixa territorial do Brasil e seus diversos graus de desenvolvimento tecnológico em suas cinco regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), a fase de transporte é indispensável para estudos de ACV, visto que quanto maior for a distância a ser percorrida ao longo do ciclo de vida de um material, maior será a emissão de dióxido de carbono CO₂ na atmosfera.

Estudos relevantes exemplificam e representam a importância do transporte em estudo de ACV, os próximos itens abordam estudos selecionados que melhor representam este trabalho, para serem utilizados como base de representação para análise de edificações no item 3.

2.4.1 ACV de Componentes Arquitetônicos

O ACV de Componentes Arquitetônicos é um estudo realizado por Pereira (2010). Analisou-se o uso de madeira oriunda de floresta certificada e sem certificação para fabricação de absorvedor sonoro e taco ornamental. Foram utilizados os *softwares* SimaPro e GABI, com dados referentes à madeira teca (*Tectona grandis*), que tem características semelhantes a madeira eucalipto, visto a indisponibilidade de informações desta na base de dados dos programas (PEREIRA, 2010).

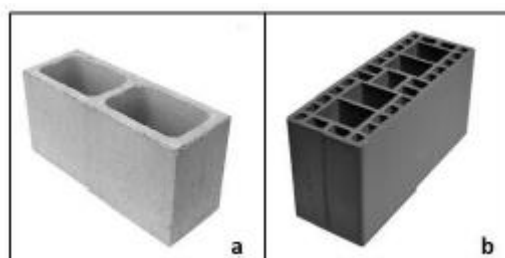
Investigou-se o impacto do transporte de madeira certificada pelo *Forest Stewardship Council* (FSC), encontrada a uma distancia de 1.662km do local de produção dos componentes arquitetônicos. E a madeira não certificada localizada a 437km do local de produção (PEREIRA, 2010).

Para os componentes arquitetônicos analisados, constatou-se que o transporte é fonte de expressivo impacto ambiental, indicando inviabilidade do uso da madeira de eucalipto certificada pelo FSC, devido às emissões nocivas causadas no seu transporte, mesmo considerando os benefícios da certificação. (PEREIRA, 2010). Esse resultado é fundamental para utilização em processos de tomadas de decisões, evidenciando o ganho ambiental do uso da madeira e a importância da fase de transporte ao analisar um sistema.

2.4.2 Emissões de CO₂ entre blocos estruturais de concreto e cerâmicos

Para realização deste estudo de ACV, foram adotados blocos com as mesmas dimensões e funções estruturais. Utilizou-se 1m² como unidade funcional de vedação construída. As especificações dos blocos adotados localizam-se nas figuras 2 e 3 (CALDAS & SPOSTO, 2017).

Figura 2 – Bloco de concreto estrutural (a) e bloco cerâmico (b)



Fonte: CALDAS & SPOSTO, 2017.

Figura 3 – Propriedade dos blocos

Propriedades	Bloco de concreto	Bloco cerâmico
Dimensões	14x19x39 cm	14x19x39 cm
Peças/m ² (Fonte)	12,5 ¹ (TCPO, 2012)	12,5 ¹ (PINI, 2012)
kg/peça (Fonte)	11,8 (PINI, 2012)	6,9 (PINI, 2012)
FCO ₂ ²	0,15 kgCO ₂ /kg	0,27 kgCO ₂ /kg
Perdas (Fonte)	3% (PINI, 2012)	5% (PINI, 2012)

Fonte: CALDAS & SPOSTO, 2017.

Para realização do estudo, foram selecionadas 26 capitais brasileiras para serem o canteiro de obras. São elas: Rio Branco/AC, Manaus/AM, Belém/PA, Porto Velho/RO, Boa vista/RR (Região Norte); Maceió/AL, Salvador/BA, Fortaleza/CE, São Luiz/MA, João Pessoa/PB, Recife/Pe, Teresina/PI, Natal/RN, Aracaju/SE (Região Nordeste); Brasília/DF, Goiânia/GO, Cuiabá/MT, Campo Grande/MS (Região Centro-Oeste); Vitória/ES, Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP, Rio de Janeiro/RJ (Região Sudeste); e Curitiba/PR, Porto Alegre/RS e Florianópolis/SC (Região Sul) (CALDAS & SPOSTO, 2017).

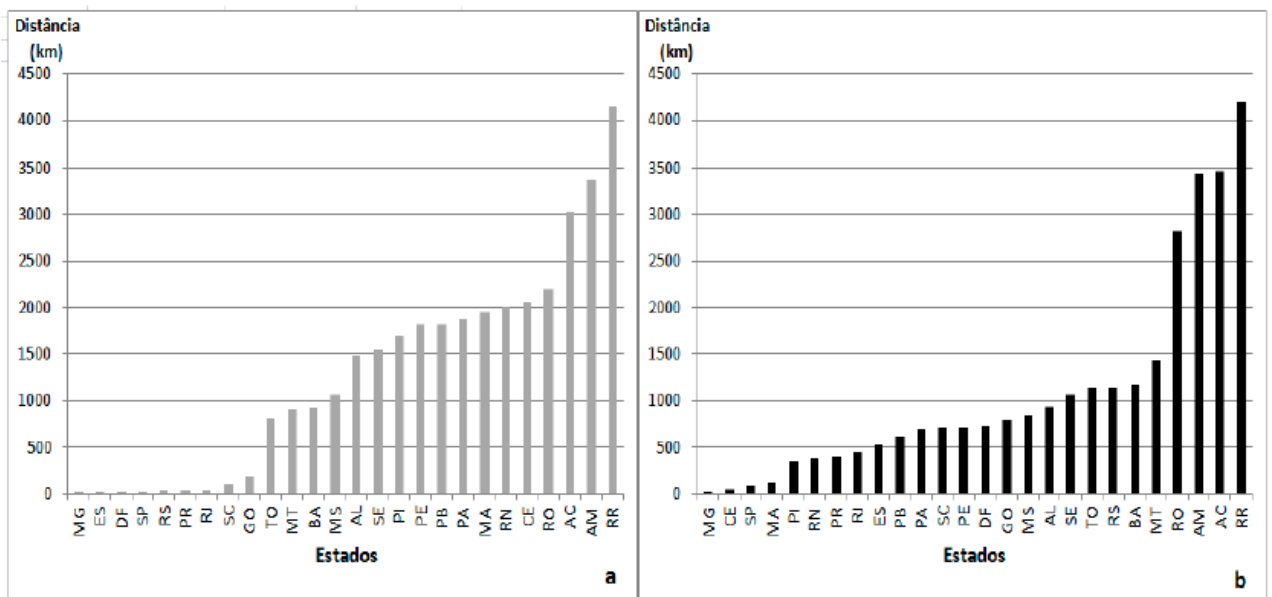
Para o levantamento das fábricas produtoras dos blocos, analisou-se os Programas Setoriais da Qualidade (PSQ), utilizando o PSQ de Blocos Cerâmicos e o PSQ de Blocos vazados de concreto com função estrutural e peças de concreto para pavimentação, cujas localizações das indústrias estão representadas pela figura 4, obtendo as distâncias das capitais selecionadas (FIGURA 5).

Figura 4 – Distribuição das indústrias de blocos estruturais de concreto e cerâmicos



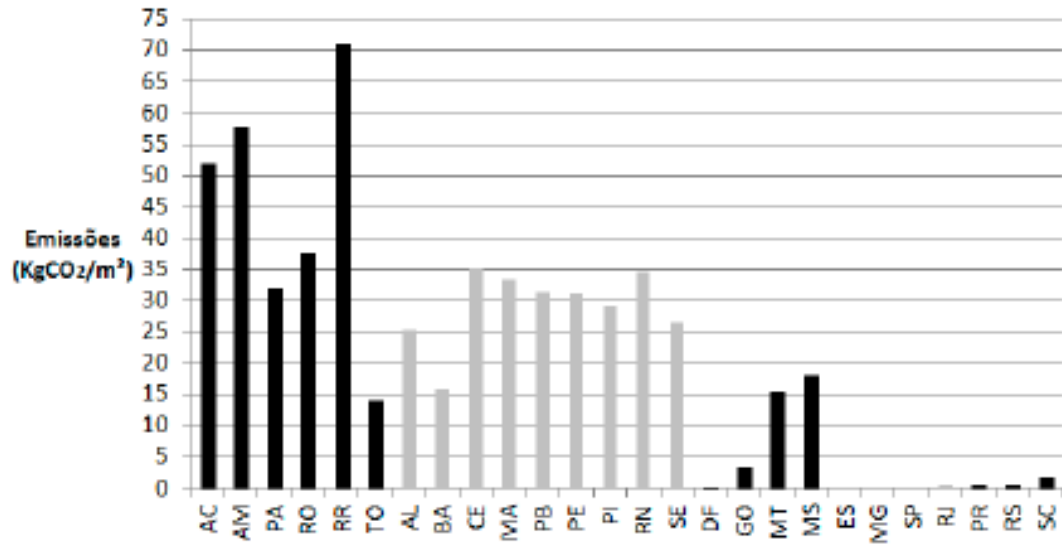
Fonte: CALDAS & SPOSTO, 2017.

Figura 5 – Distâncias percorridas por blocos de concreto (a) e blocos cerâmicos (b)

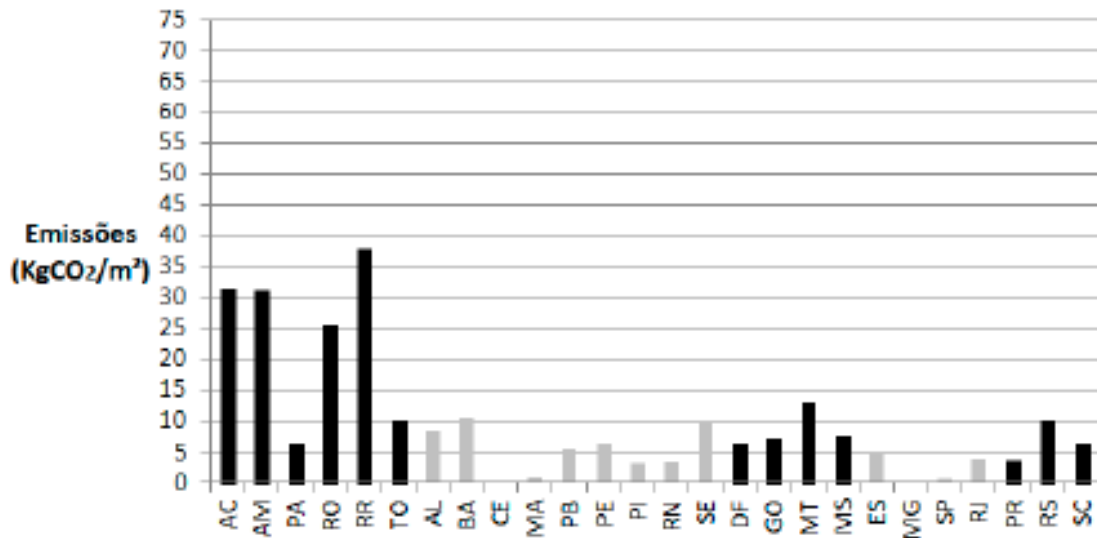


Fonte: CALDAS & SPOSTO, 2017.

O resultado das emissões de CO₂ no transporte dos blocos para as capitais selecionadas demonstrou grande variação, sendo as capitais da região Norte do país, as que apresentaram maior nível de emissões, devido à distância das fábricas. Enquanto as capitais da região Sudeste, apresentaram menor nível de emissão, como mostram as figuras 6 e 7 (CALDAS & SPOSTO, 2017).

Figura 6 – Emissões de CO₂ no transporte de blocos de concreto

Fonte: CALDAS & SPOSTO, 2017.

Figura 7 – Emissões de CO₂ no transporte de blocos cerâmicos

Fonte: CALDAS & SPOSTO, 2017.

Ao comparar os blocos, o de concreto apresentou maiores emissões em 19 das capitais selecionadas, enquanto o cerâmico em 7 capitais. Sendo a região Norte, a que apresenta maior participação na fase de transporte, enquanto a região Sudeste apresenta a menor (CALDAS & SPOSTO, 2017). Este estudo apresenta um panorama da importância da etapa de escolha do material, sendo sempre necessário atentar-se em relação a distância do local de fabricação e o local a ser utilizado salientando a necessidade de considerar a etapa do transporte durante a especificação de materiais.

2.4.3 Impactos ambientais no transporte de motocicletas no eixo Belém-Goiânia

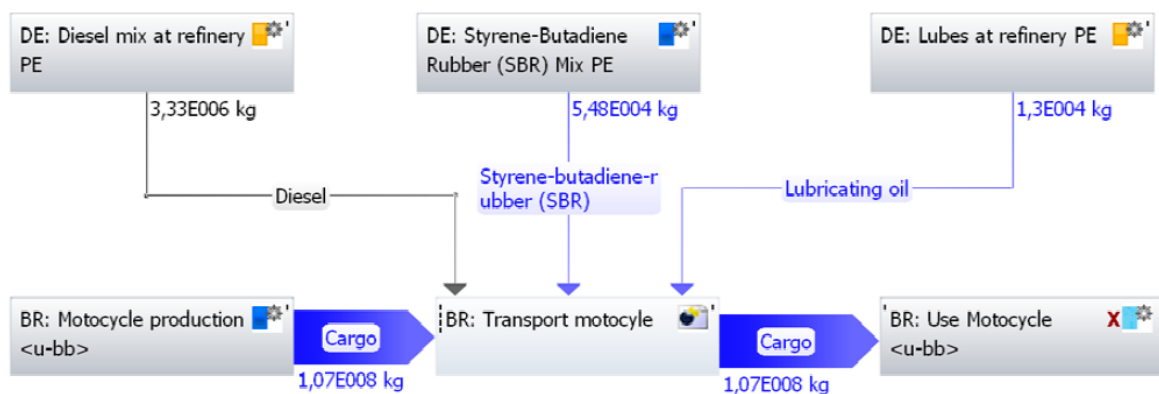
O estudo teve como objetivo avaliar o impacto ambiental do transporte rodoviário de motocicletas produzidas no Polo Industrial de Manaus. Nele, considerou-se tanto o transporte quanto os insumos necessários para que ele ocorra (FERREIRA, 2014).

O estudo foi realizado com base no transporte feito por caminhão trator de 2 eixos, com capacidade máxima de carga útil de 45 toneladas, sendo o que melhor representa o serviço de transporte de motocicletas na região. Utilizou-se o *software* GABI para análise desta ACV (FERREIRA, 2014).

Os insumos necessários para o funcionamento do caminhão são: “combustível, pneumáticos, óleo lubrificante, fluido de freio, baterias, filtros de óleo, ar e peças que precisam ser repostas periodicamente durante a fase de utilização do ciclo de vida do equipamento.” (FERREIRA, 2014).

Visto que para oferecer às regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste o número de motocicletas consumidas por ano, sendo necessárias 4.667 viagens de 2.010,5km, ou seja, aproximadamente 10 milhões de quilômetros percorridos (FERREIRA, 2014).

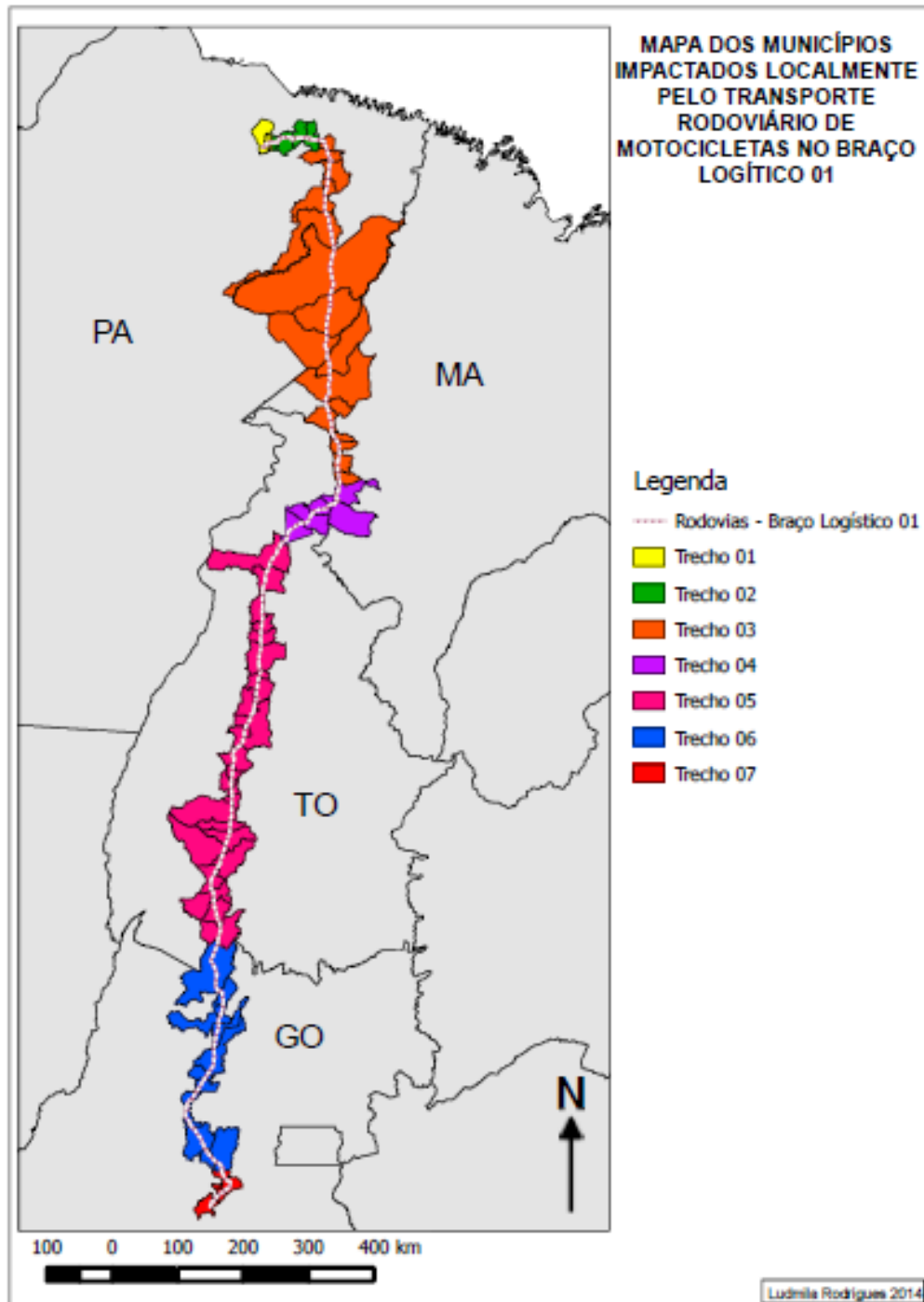
Figura 8 – Esquema da ACV do transporte rodoviário de motocicletas, conforme *software* GABI.



Fonte: FERREIRA, 2014.

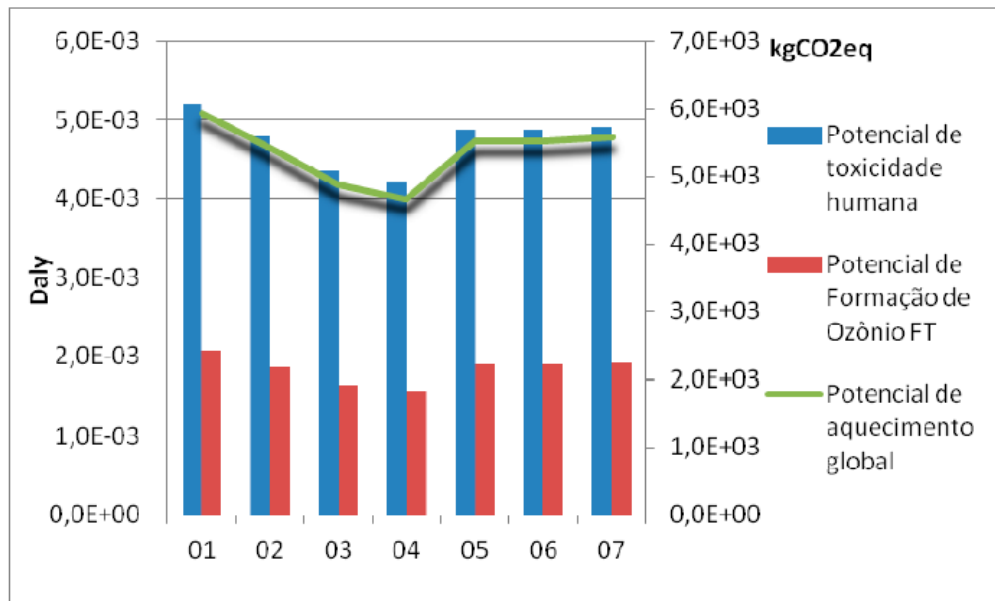
A área de estudo é formada por 73 municípios, distribuídos no Pará, Maranhão Tocantins e Goiás. Devido as características diversas existentes durante o percurso, devido ao índice populacional ser mais expressivo em Belém e Goiânia do que no restante do trajeto, foi necessário mapear e dividir a área de estudo em 07 trechos, sendo cada trecho impactante para a área em que se localiza (FERREIRA, 2014).

Figura 9 – Mapa de delimitação dos 07 trechos do percurso



Fonte: FERREIRA, 2014.

Figura 10 – Formação de ozônio fotoquímico e aquecimento global, por km percorrido em cada trecho.



Fonte: FERREIRA, 2014.

Figura 11 – Potencial de impacto ambiental entre os trechos durante a fase de transporte

Trecho	Rodovia	Distância (km)	Potencial de Toxicidade Humana (DALY)			Potencial de Formação de Ozônio Fotoquímico (DALY)			Potencial de Aquecimento Global (kgCO2eq)		
			Por kg (produto)	Total	Total por km	Por kg (produto)	Total	Total por km	Por kg (produto)	Total	Total por km
01	BR316 Metropolitano	33,3	1,62E-09	0,173	5,20E-03	6,43045E-13	6,89E-05	2,07E-06	1,85E-03	1,98E+05	5,94E+03
02	BR136 Pará	82,7	3,71E-09	0,397	4,80E-03	1,43921E-12	1,54E-04	1,86E-06	4,19E-03	4,49E+05	5,42E+03
03	BR010	580	2,36E-08	2,531	4,36E-03	8,9068E-12	9,54E-04	1,64E-06	2,63E-02	2,82E+06	4,86E+03
04	BR 226	150	5,91E-09	0,632	4,22E-03	2,19945E-12	2,36E-04	1,57E-06	6,55E-03	7,01E+05	4,68E+03
05	BR153 Tocantins	734	3,34E-08	3,577	4,87E-03	1,3033E-11	1,40E-03	1,90E-06	3,78E-02	4,05E+06	5,52E+03
06	BR153 Goiás	372	1,69E-08	1,813	4,87E-03	6,60527E-12	7,07E-04	1,90E-06	1,92E-02	2,05E+06	5,52E+03
07	BR153 Metropolitano	58,5	2,68E-09	0,287	4,91E-03	1,04863E-12	1,12E-04	1,92E-06	3,04E-03	3,26E+05	5,57E+03
TOTAL		2010,5		9,4108			0,00363			10.597.733,90	
MÉDIA			1,26E-08		4,75E-03	4,84E-12		1,84E-06	1,41E-02		5,36E+03

Fonte: FERREIRA, 2014.

Os resultados obtidos, demonstram que as emissões consequentes da queima de combustíveis apresentam importante nível de toxicidade humana, o que pode gerar doenças cardiopulmonares e câncer de pulmão, causando mortalidade. Estas emissões estão relacionadas diretamente às distâncias dos trechos (FERREIRA, 2014).

O impacto ambiental é potencializado ao analisar de forma conjunta o impacto do transporte em cada região e o impacto de produção dos insumos do transporte. Nos grandes centros urbanos, o impacto é mais grave, devido à maior concentração populacional.

2.5 Ciclo de vida das edificações

Com a necessidade de atender às demandas da sociedade, as empresas do mercado da construção civil começaram a se preocupar com o desenvolvimento sustentável das construções, tomando uma postura mais consciente e financeiramente viável. Essa postura foi adotada uma vez que as empresas viram a importância de agregarem valor aos seus produtos de maneira ecológica, garantindo imagem positiva na sociedade e mantendo vantagem em relação aos concorrentes (YEMAL *et al.* 2011).

Segundo Degani e Cardoso (2002) para empregar o termo edificação sustentável, é necessário aderir critérios para reabilitação e construção de edificações em suas diversas etapas de ciclo de vida, sendo:

Planejamento, nesta etapa são elaborados projetos e especificações, analisando-se estudos de viabilidade física, econômica e financeira, para a edificação ser concebida;

Implantação, etapa de construção do produto edificação;

Uso, fase em que a edificação é ocupada por usuários;

Manutenção, etapa em que há necessidade de substituir, dar manutenção, corrigir falhas ou modernizar materiais que atingiram o fim da vida útil ou necessitam se adequar ao comportamento do usuário;

Demolição, fase de desmonte do produto edificação.

Cada uma destas fases tem atividades que se relacionam com o meio ambiente. É primordial observar os impactos realizados ao longo do ciclo de vida dos edifícios sobre o meio ambiente em que se insere, onde, sob a ótica do meio físico, pode-se constatar alterações no solo, água e ar; no meio biótico, analisar interferências na fauna e flora; no meio socioeconômico, observar impactos na qualidade paisagística, nas condições de saúde, dos meios urbanos e áreas de descarte de materiais. Sendo destes impactos, os de maior grandeza, a poluição e o esgotamento de bens naturais.

2.6 Importância da ACV em processo de tomada de decisão

O setor da construção civil causa impactos ambientais negativos consideráveis, visto que o setor consome 75% dos bens naturais, além de 44% de toda energia produzida no Brasil. Ele também é responsável por um terço de todo CO₂ emitido, sendo 80% devido a queima de combustíveis fósseis (LAURIANO, 2013).

Estes impactos são causados diretamente pelo setor da construção civil, em que ao analisar todo o ciclo de vida de seus materiais, os impactos são ainda maiores. A busca por melhorias ambientais no setor é fundamental para minimizar as consequências no futuro, por isso o profissional do ramo de construção tem papel fundamental nas escolhas dos materiais a serem utilizados em uma obra, no qual ao utilizar a metodologia ACV, contribui para retornos econômicos e ambientais (SOARES *et al.* 2006).

Com a diversidade de materiais existentes no mercado, analisar os impactos ambientais do ciclo de vida de cada componente, com ênfase na fase de transporte, é fundamental para o processo de tomada de decisão, visto que devido ao desenvolvimento tecnológico de cada região, não apenas no Brasil, mas em todo o planeta, optar por produtos que estejam próximos ao local em que serão utilizados, quantifica menor emissão de CO₂ e maior ganho ambiental (CALDAS & SPOSTO, 2017).

Isto significa que devem ser escolhidos materiais e componentes que gerem pouco ou nenhum resíduo que possa ser lançado no solo, água ou ar; e ainda que seja dada preferência a materiais recicláveis ou que contenham componentes reciclados; sendo também importante a escolha de materiais de comércio disponível nas proximidades do canteiro, evitando-se assim longos percursos para transporte. (DEGANI & CARDOSO, 2002, p. 10).

3 ANÁLISE DE EDIFICAÇÕES

Nesta seção, são abordados exemplos plásticos de projetos de edificações localizadas no Brasil que poderiam ter sido alvo de ACV, devido à relação do transporte de materiais especificados a longas distâncias do canteiro de obras.

3.1 *Japan House*, São Paulo/SP

Com o intuito de difundir a cultura japonesa internacionalmente, o *Japan House* é um projeto criado pelo governo japonês com a construção de centros culturais em cidades selecionadas. Dentre elas, São Paulo foi a primeira cidade a ser escolhida, seguida por Londres, na Inglaterra, e Los Angeles, nos Estados Unidos (JAPAN HOUSE, 2017).

Figura 12 – Locais que abrigam o projeto *Japan House* em 2019



Fonte: JAPAN HOUSE, 2017.

Como foco principal deste trabalho, a *Japan House* São Paulo terá estudo mais aprofundado. Localizado na Avenida Paulista, nº52, ponto de referência da cidade para muitas pessoas, o *Japan House* São Paulo é um local atrativo pela sua arquitetura diferenciada. O edifício no qual se encontra o centro cultural pertencia a um banco, que foi remodelado pelo escritório japonês *Kengo Kuma & Associates* em parceria ao escritório brasileiro FGMF.

Com área de 2.500m², distribuídos em três pavimentos, o *Japan House* São Paulo tem em suas instalações administração, museu, sala de palestras, loja, café e restaurante. Sua arquitetura utiliza de materiais naturais com técnicas construtivas japonesas, como a fachada de madeira, ponto forte e característico da edificação (JAPAN HOUSE, 2017).

Figura 13 – Fachada do *Japan House* São Paulo



Fonte: JAPAN HOUSE, 2017a.

A fachada do edifício *Japan House* São Paulo é coberta por uma cortina de seis toneladas de madeira japonesa, com dimensões de 36m de comprimento por 11m de altura. A madeira utilizada foi da árvore Hinoki, *Chamaecyparis obtusa*, uma espécie de pinheiro japonês, que leva de 70 a 80 anos para atingir vida adulta e pode chegar a 40m de altura por espessura de 1m.

“No mês passado, a Avenida Paulista completou 125 anos. Por volta da mesma época em que os paulistanos inauguravam sua avenida mais importante, japoneses da província de Gifu plantavam uma floresta de hinokis – uma espécie de pinheiro nativo do Japão. Passados todos esses anos, uma parte da madeira extraída de manejo sustentável dessas árvores está ajudando a dar corpo ao mais novo cartão postal da Avenida Paulista – a surpreendente fachada da *Japan House* São Paulo executada por uma equipe de cinco artesãos especializados na arte de encaixes de madeira Hinoki.” (JAPAN HOUSE, 2017a).

A madeira hinoki é muito utilizada no Japão para construção de templos, móveis, navios, utensílios e esculturas. Para a execução da fachada foi utilizada técnica de encaixe, executada pelos japoneses há mais de 300 anos, para isso, foi necessária a montagem e desmontagem da estrutura no Japão, antes de exportá-la, e a presença de cinco artesãos japoneses para a montagem no Brasil (JAPAN HOUSE, 2017a).

Figura 14 – Montagem da estrutura de hinoki



Fonte: JAPAN HOUSE, 2017b.

Figura 15 – Artesãos realizando a montagem da estrutura de hinoki



Fonte: JAPAN HOUSE, 2017b.

Figura 16 – Execução da estrutura de hinoki



Fonte: JAPAN HOUSE, 2017b.

Visto a realidade que enfrentamos com relação ao meio ambiente e as suas transformações devido ao comportamento dos seres humanos, é necessário que os edifícios atuais sejam projetados de maneira a proporcionar menores danos ambientais, favorecendo a minimização de impactos ambientais, como o aquecimento global e a degradação da camada de ozônio. No caso de um edifício institucional, como o *Japan House* São Paulo, inaugurado em 2017, é fundamental preocupar-se em minimizar esses impactos, principalmente pelo fato de se ter um maior alcance de pessoas o que proporciona à edificação maior visibilidade incentivando a prática de soluções que visam incorporar a sustentabilidade em processos construtivos.

O transporte e montagem da estrutura de seis toneladas da fachada de hinokis deveria ter sido alvo de estudo e ACV durante o processo de projeto do *Japan House* São Paulo. Como cita Degani e Cardoso (2002):

“(...) devem ser escolhidos materiais e componentes que gerem pouco ou nenhum resíduo que possa ser lançado no solo, águas ou ar; (...) sendo também importante a escolha de materiais de comércio disponível nas proximidades do canteiro, evitando-se assim longos percursos para transporte”.

A floresta de hinokis encontra-se a aproximadamente 18.520km de distância do *Japan House* São Paulo, e apesar das decisões projetuais de utilizar material natural e escolher método construtivo já reconhecido, fica claro com relação ao estudo de Pereira (2010), que os projetistas poderiam ter investigado a substituição da madeira japonesa por madeiras localizadas à uma distância menor, impactando menos no meio ambiente. Um possível caso

de substituição é o Pinho-do-Paraná, *Araucaria augustifolia*, que apresenta características semelhantes ao hinoki e pode ser encontrado nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, mantendo distância máxima de 1.100km, minimizando a emissão de CO₂ do sistema.

Se durante o processo de tomada de decisões no projeto do *Japan House* São Paulo, tivessem tido como pequenas premissas, contribuir com as edificações sustentáveis, independente de certificações, poderiam ter potencializado benefícios lucrativos para o centro cultural. O desenvolvimento sustentável deve ser entendido como a partilha do desenvolvimento econômico e a proteção ambiental, não sendo um conflito, beneficiando o momento presente e as futuras gerações (YEMAL *et al.* 2011).

Pode-se constatar que o transporte representa grande impacto ambiental neste sistema, apresentando inviabilidade da madeira hinoki utilizada para a execução da fachada, mesmo ao considerar as questões culturais do Japão para execução da edificação. É fundamental a utilização de ACV para tomadas de decisões em projetos na área de construção, devido a melhor evidência de ganhos ambientais demonstrados pelo estudo, contribuindo para verificação de ganhos ambientais, como no caso da *Japan House* São Paulo, a melhor escolha em relação a fonte de consumo de matérias-primas, visando a redução de impactos ambientais.

3.2 Shopping *Spazio Design*, Juiz de Fora/MG

O Shopping *Spazio Design* é um local que contempla lojas de decoração, gastronomia, beleza, saúde, bem-estar e moda. Localizado na cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais, o Shopping é um local que integra arquitetura à natureza, por meio de seus espaços abertos.

Localizado na Ladeira Alexandre Leonel, nº221, em Juiz de Fora/MG, o Shopping *Spazio* tem 10.200m² de área total, que integra arquitetura à natureza, sendo projetado pelo arquiteto mineiro Álvaro Gianini.

Figura 17 – Shopping *Spazio Design*

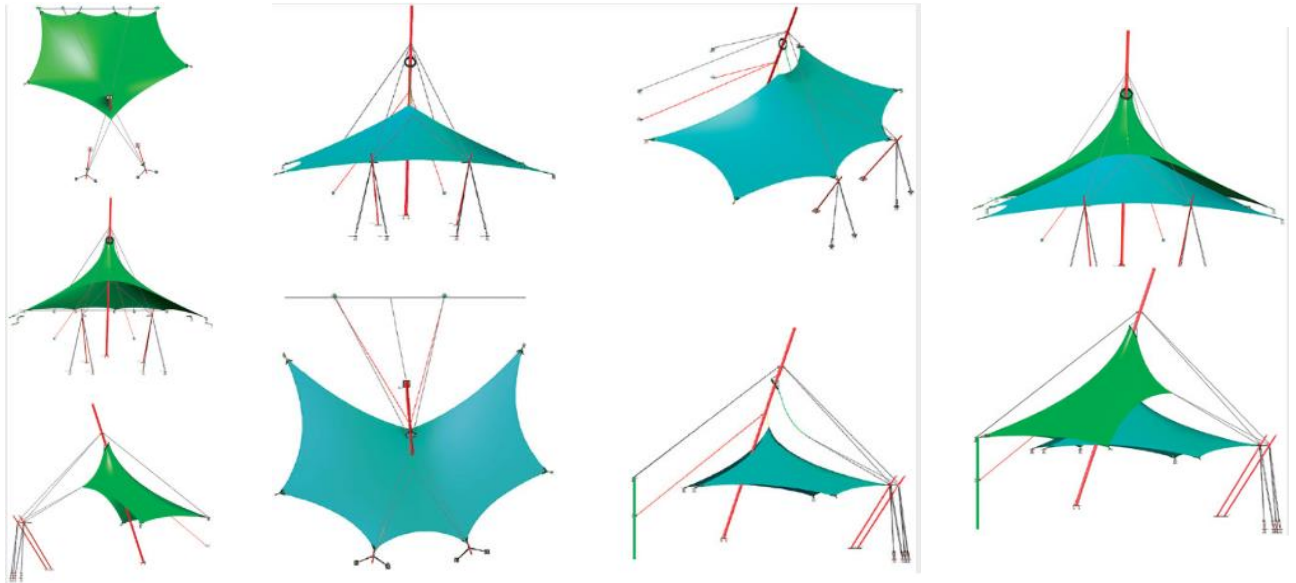


Fonte: SPAZIO, s/d.

Com intenção de criar um local que despertasse a curiosidade dos usuários do Shopping *Spazio Design*, o arquiteto Álvaro Gianini propôs a utilização de uma cobertura em membrana tensionada com formato diferenciado.

O desenho da cobertura é composto por um conoide, de 23 x 34 metros em sete vértices, sobreposto em um retângulo, de 28 x 35 metros em seis vértices, apoiados em um mastro central inclinado. A união das formas resultou em um conjunto com saída de ar entre elas.

Figura 18 – Estudo da forma da cobertura tensionada



Fonte: ARCO WEB, s/d.

Figura 19 – Cobertura tensionada



Fonte: ARCO WEB, s/d.

Para execução da cobertura, foi necessário grande estudo para não abalar a estrutura do edifício. O modelo Mehler tipo II foi especificado para utilização no Shopping *Spazio Design*, sendo membrana alemã, com garantia de dez anos e propriedades fungicidas, antioxidantes, com bloqueio de raios UV e autoextinguível. A montagem da cobertura aconteceu em cinco dias, sendo os dois primeiros dias para a conferência de medidas, o terceiro dia para o içamento e o quarto e o quinto dias para tensionar os vértices.

Para a escolha da membrana utilizada na cobertura, teria sido fundamental o estudo de ACV para identificar qual a mais benéfica do ponto de vista ambiental, como no estudo Caldas & Sposto (2017), no qual foi analisado o impacto de dois componentes de mesmas características. Visto que o Shopping *Spazio Design* se importa com a necessidade de valorização do meio ambiente, a ACV seria fundamental, demonstrando real integração da arquitetura à natureza, o que é essencial em locais abertos ao público para difundir a importância no dia a dia das pessoas.

A membrana especificada foi importada da Alemanha, ou seja, percorreu cerca de 9.650km de seu local de origem até Juiz de Fora/MG. Essa distância tem grande relação de impacto negativo em estudo de ACV, como é demonstrado pelo estudo de Pereira (2010), pela emissão de GEE durante o processo de transporte. Poderiam ter sido alvos de ACV, a membrana especificada e membranas brasileiras, encontradas há distâncias menores e que cumpririam a mesma função e teriam os mesmos benefícios. Porém, é preciso difundir a importância da ACV aos profissionais da construção civil, neste contexto, Degani e Cardoso (2002) mencionam que, é na etapa de projeto que se direciona o bom desempenho ambiental de um edifício.

Segundo Brandalise *et al.* (2014), é necessário alterar a forma de pensamento do consumo, o ideal seria consumir menos, porém, ao consumir de maneira interligada ao meio ambiente, o indivíduo consumidor se comporta com a intenção de produzir resultados favoráveis ao meio ambiente, ou seja, as escolhas de consumo têm efeito significativo no meio ambiente, sendo fundamentais para minimizar impactos ambientais.

Pode-se constatar que o transporte representa grande impacto ambiental neste sistema, e que este impacto está diretamente relacionado ao papel do projetista, que durante a tomada de decisão não utilizou métodos, como a ACV, que pudessem contribuir para uma melhor

escolha da origem do produto a ser utilizado como cobertura, valorizando a edificação do Shopping *Spazio Design* e contribuindo para a redução de impactos ambientais e melhora na qualidade de vida de todos.

3.3 Módulo Rebouças, São Paulo/SP

O Módulo Rebouças é um edifício composto por 46 unidades independentes de escritórios, um teatro de uso público e três subsolos para garagens e áreas técnicas. Localizado no bairro de Pinheiros, em São Paulo/SP, o edifício se encontra na esquina da rua Capote Valente com avenida Rebouças.

Projetado por Dal Pian Arquitetos e construído em 2016, o edifício teve como premissa renovar o uso da região, sendo integrado com o entorno e seus usuários. Com área total de 14.240m², o Módulo Rebouças foi projetado como um cubo transpassado por um vazio central, no qual existem jardins internos.

Figura 20 – Módulo Rebouças



Fonte: ARCO WEB, s/d.

Figura 21 – Vazio central



Fonte: ARCO WEB, s/d.

O fechamento de suas fachadas é diversificado, sendo três das suas quatro faces do edifício, compostas por caixilhos que alternam módulos de vidro e vedações opacas em painéis de alumínio composto, em cores cinza e amarelo. E a única fachada diferenciada, é composta por varandas orientadas para o oeste do terreno.

A modulação das peças de vidro e das peças opacas de alumínio da fachada se deu com base no estudo de iluminação e ventilação natural ideal para cada escritório, o que favorece a premissa do edifício de interligar o ambiente externo ao interno, uma vez que os escritórios podem se conectar com o ambiente natural da cidade, minimizando o consumo de energia, reduzindo, por exemplo, o uso de ar condicionado.

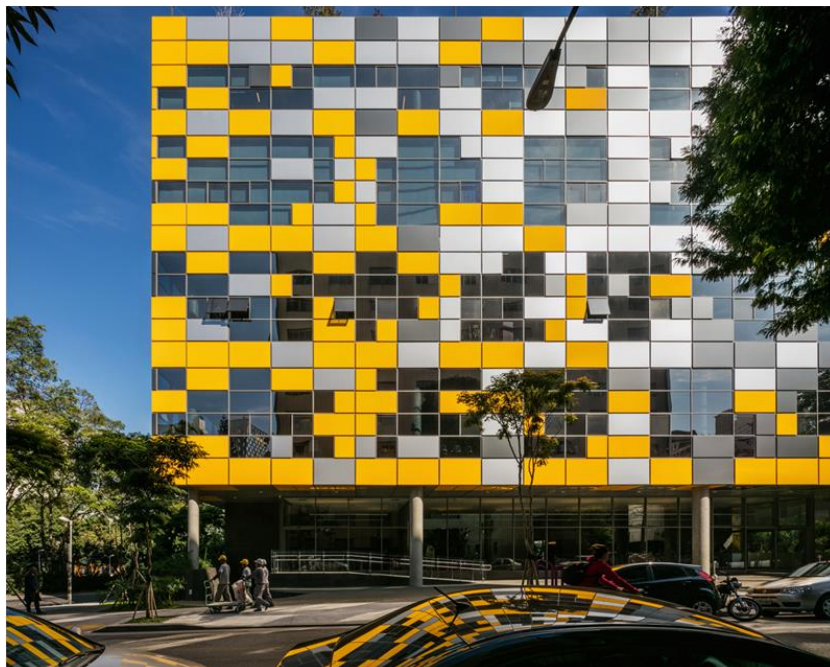
Ao longo das fachadas moduladas, aparecem seções de apenas módulos de peças opacas. Estes intervalos demarcam as lajes existentes no edifício, orientando a separação dos andares e gerando dinamismo ao espectador que observa a edificação das ruas.

Figura 22 – Fechamento das fachadas



Fonte: ARCO WEB, s/d.

Figura 23 – Modulação de fachada composta por caixilhos



Fonte: ARCO WEB, s/d.

A estrutura das três fachadas moduladas foi executada por uma empresa espanhola, que conta com fábricas em Madri e Burgos, ambas na Espanha. Ao analisar a distância

aproximada de 8.500km entre Espanha e São Paulo/SP, fica claro com relação ao estudo de Ferreira (2014), a necessidade de intervenção do profissional quanto a escolha de materiais em relação ao transporte de produtos para uso na edificação, minimizando os impactos ambientais causados pelo transporte.

Como o Módulo Rebouças teve a proposta de fazer a renovação da região em que está inserido, uma das medidas de projeto poderia ter sido promover o desenvolvimento da comunidade local por meio da redução do impacto ambiental, como afirma Côrtes *et al.* (2012).

Por mais que a edificação tenha uma quantia de contribuição para com o meio ambiente, ao ter os níveis de ventilação e iluminação natural adequados nos ambientes internos, também seria de maior valia outras ações que contribuíssem para com a sustentabilidade no ramo na construção e que valorizasse ainda mais o local em que se encontra, podendo ser um edifício diferenciado por suas características projetuais que valorizam o meio ambiente.

A distância que a estrutura da fachada teve que percorrer para chegar ao local de fixação é de grande influência para as modificações climáticas causadas pelos GEE, visto que as peças deslocaram-se por longas distâncias, em meios de transporte que utilizam fontes de energia derivadas do petróleo para se locomoverem, emitindo CO₂ na atmosfera.

É necessário pensar mais em medidas projetuais que contribuam com o meio ambiente, para minimizarmos os impactos ambientais a serem sentidos em todo o planeta, como no caso da Natura, que decidiu se tornar uma empresa Carbono Neutra, após perceber que a fabricação e transporte de seus produtos emitiam muitos GEE. Ao realizar a ACV, a empresa conseguiu minimizar as emissões de GEE no ciclo de vida de suas mercadorias, contribuindo com o meio ambiente e prevenindo desastres naturais (CAMARGO; BRONÈS, 2010).

A importância do estudo de ACV em um caso como a fachada do Módulo Rebouças, é fundamental para analisar qual o ganho ambiental da edificação, onde ao estudar diversos tipos de materiais que poderiam ser empregados com a mesma função nas fachadas, poderia ter sido escolhido o que contribuísse para a minimização de impactos ambientais, favorecendo a região de Pinheiros.

Por ser uma edificação inaugurada no ano de 2016, e na cidade de São Paulo/SP, a preocupação com o meio ambiente deveria ter sido algo de relevância durante as escolhas

projetuais, principalmente ao se analisar os desastres naturais que estão acontecendo nas grandes cidades e que são causados em sua grande parte, pelos hábitos do Homem, principalmente pelas maneiras de construir sem pensar em proporcionar melhorias para o meio ambiente em união a suas construções.

Constata-se que o transporte pode representar grande impacto ambiental neste sistema, devido à alta emissão de CO₂, sendo inviável a sua escolha para a fachada do Módulo Rebouças. A utilização de ACV para tomadas de decisões em projetos no ramo de construção mostra-se de suma importância, contribuindo para a melhor decisão de materiais a serem utilizados em relação aos ganhos ambientais e suas características.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Empregar a sustentabilidade no ramo da construção civil gera inúmeros benefícios para o meio ambiente, sendo fundamental a postura dos projetistas durante as decisões de projeto, de maneira a contribuir preventivamente nos impactos causados pelos sistemas dos materiais a serem empregados.

A utilização da ACV como método auxiliar no processo de tomada de decisão é de suma importância, principalmente por poder ser aplicada para identificar impactos em diferentes fases de um sistema de produto, como no caso deste estudo, durante a fase de transporte. Porém, ainda existe a necessidade de difundir o conceito e ferramenta da ACV, para que sua utilização aconteça com maior frequência.

Como discorrido no corpo deste estudo, o transporte é uma fase que acarreta em expressivos impactos ambientais, principalmente pelas emissões de GEE. Uma maneira de amenizar os impactos causados por esses gases no ramo da construção civil é, primeiramente, conscientizar o papel do especificador quanto a sua responsabilidade em relação ao material a ser empregado, e por último, compreender metodologias, como a ACV, para auxiliar a comparar e identificar os materiais no ponto de vista ambiental.

Desta forma, conclui-se que a metodologia ACV é de grande valia para o setor da construção civil, principalmente ao analisar a necessidade da sua aplicação para compreender o transporte e seus impactos ambientais dos materiais a serem utilizados no ciclo de vida de edificações, sendo o profissional especificador, o principal responsável por saber compreender e aplicar os resultados de uma ACV.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARO, Gianini: Cobertura tensionada para o Shopping *Spazio Design*. **Arco Web**, s/d. Disponível em: <<https://www.arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/alvaro-gianini-cobertura-tensionada-shopping-spazio-01-03-2009>>. Acesso em: 07 out. 2019.
- ARDUIN, Rachel; PACCA, Sérgio. O Estado da Arte da Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no Setor Têxtil e de Vestuário. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2. : 2010 : Florianópolis, SC. **Colaborando com decisões sustentáveis**. Florianópolis, 2010. p. 12-17.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14040*: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 10p.
- BRANDALISE, Loreni Teresinha *et al.* Classificação de produtos ecologicamente corretos/Classification of environmentally friendly products. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade (ISSN 2318-3233)**, v. 4, n. 2, p. 3-24, 2014.
- CALDAS, Lucas Rosse; SPOSTO, Rosa Maria. Emissões de CO2 referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. 2017.
- CAMARGO, André; BRONÈS, Fabien. Modelo de Carbon Footprint dos Produtos Cosméticos Natura. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2. : 2010 : Florianópolis, SC. **Colaborando com decisões sustentáveis**. Florianópolis, 2010. p. 173-178.
- CÔRTEZ, Rogério Gomes *et al.* Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. **Sistemas & Gestão**, v. 6, n. 3, p. 384-397, 2012.
- D'AGOSTINI, Marina; FINOTTI, Alexandra. Identificação de Melhorias Ambientais Através da Aplicação da Ferramenta de Análise de Ciclo de Vida. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2.: 2010 : Florianópolis, SC. **Colaborando com decisões sustentáveis**. Florianópolis, 2010. p. 106-112.
- DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico. **São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo**, 2002.

DE VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. **Transporte e meio ambiente**. Annablume Editora, 2007.

DOS SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega *et al.* Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **Revista GEPROS**, n. 2, p. 57, 2011.

FERREIRA, Tainá Labrea. ACV do transporte rodoviário de carga: impacto das emissões do transporte de veículos ciclomotores na rota Belém-Goiânia. 2014.

IDENTIDADE pelo cromatismo. **Arco Web**, s/d. Disponível em: <<https://www.arcoweb.com.br/projetodesign/arquitetura/dal-pian-arquitetos-edificio-de-escritorios-sao-paulo>>. Acesso em: 12 out. 2019.

JAPAN, House. São Paulo monta painel de Hinoki que revestirá sua fachada na Avenida Paulista. **Japan House**, 2017a. Disponível em: <https://www.japanhouse.jp/saopaulo/news/page1031_00026.html>. Acesso em: 05 out. 2019.

JAPAN, House. São Paulo é escolhida para sediar a Japan House, espaço que mostrará o Japão contemporâneo. **Japan House**, 2017b. Disponível em: <https://www.japanhouse.jp/saopaulo/news/page1031_00008.html>. Acesso em: 05 out. 2019.

JAPAN, House. São Paulo de Kengo Kuma e FGMF, pelas lentes de Flagrante. **ArchDaily**, 2017b. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/872655/japan-house-sao-paulo-de-kengo-kuma-e-fgmf-pelas-lentes-de-flagrante?ad_source=search&ad_medium=search_result_all>. Acesso em: 05 out. 2019.

LAURIANO, Lucas Amaral. Como anda a gestão da sustentabilidade no setor da construção?. Nova Lima: FDC, 2013. 49 p. (Relatório de Pesquisa, RP1 301).

MADEIRA, washi e concreto: a receita do arquiteto Kengo Kuma para a *Japan House* São Paulo. **Japan House**, 2017. Disponível em: <https://www.japanhouse.jp/saopaulo/news/arquitetura_jhsp.html>. Acesso em: 05 out. 2019.

MÓDULO rebouças. **Strunor**, s/d. Disponível em: <<https://strunor.com/proyectos/modulo-reboucas/>>. Acesso: 12 out. 2019.

MORITA, Amelia; RAVAGNANI, Mauro. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na Produção de Meias Esportivas. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE CICLO

DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2. : 2010 : Florianópolis, SC. **Colaborando com decisões sustentáveis**. Florianópolis, 2010. p. 139-144.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Aquecimento Global de 1,5°C**. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_SPM_Portuguese.pdf>. Acesso em: 05 de jan. de 2020.

PEREIRA, Andréa Franco. Aplicação da ACV como Parâmetro de Rotulagem e Argumento de Comunicação junto ao Usuário. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2.: 2010: Florianópolis, SC. **Colaborando com decisões sustentáveis**. Florianópolis, 2010. p. 185-191.

SEO, Emilia Satoshi Miyamaru; KULAY, Luiz Alexandre. Avaliação do ciclo de vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão. **Interfacehs**, v. 1, n. 1, 2006.

SILVA, Priscila Reis da. Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira: Estrutura e implicações ambientais. **Unpublished DSc thesis, Fluminense Federal University, Rio de Janeiro, Brazil**, 2004.

SOARES, Sebastião Roberto; SOUZA, DM de; PEREIRA, Sibeli Warmiling. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. **Coletânea Habitare**, v. 7, p. 96-127, 2006.

SOUSA, S. R. Normalização de critérios ambientais aplicados à avaliação do ciclo de vida. 2008. 73 p. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SPAZIO, Design. **Alvaro Gianini**, s/d. Disponível em: < <https://www.giannini.arq.br/spazio>>. Acesso em: 07 out. 2019.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NAAS, I. A. Sustentabilidade na construção civil. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**. p. 1-10. 2011.

ZANGALLI JR, Paulo Cesar. Sustentabilidade urbana e as certificações ambientais na construção civil. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 291-302, 2013.