



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Laryssa Silva do Nascimento

CONTRIBUIÇÃO PARA CONSTRUÇÃO VERDE: Aplicação de um *framework* para a  
Escolha de Materiais Construtivos

Palmas - TO  
2017

Laryssa Silva do Nascimento

CONTRIBUIÇÃO PARA CONSTRUÇÃO VERDE: Aplicação de um *framework* para a  
Escolha de Materiais Construtivos

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e  
apresentado como requisito parcial para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Dra. Angela Ruriko Sakamoto

Palmas - TO  
2017

Laryssa Silva do Nascimento

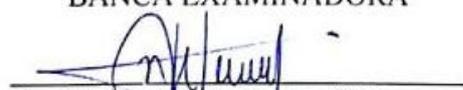
CONTRIBUIÇÃO PARA CONSTRUÇÃO VERDE: Aplicação de um *framework* para  
Escolha de Materiais Construtivos

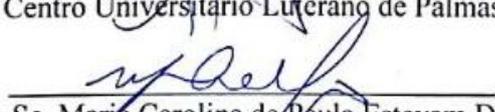
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e  
apresentado como requisito parcial para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

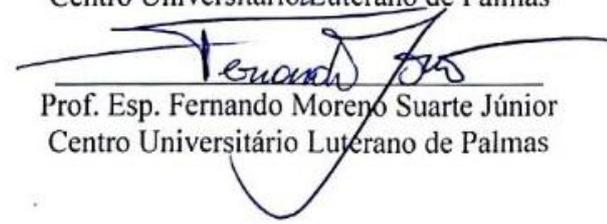
Orientadora: Prof. Dra. Angela Ruriko Sakamoto

Aprovada em Palmas/TO 30 de maio de 2017.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dra. Angela Ruriko Sakamoto  
Centro Universitário Luterano de Palmas

  
Prof. M. Sc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira  
Centro Universitário Luterano de Palmas

  
Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas-TO  
2017

Dedico este trabalho a Deus, principal Engenheiro da vida e à minha família, meu alicerce e sustento nesta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por ter colocado as melhores pessoas em meu caminho e por ter me proporcionado chegar até aqui.

À minha família e amigos por tudo que fizeram por mim na realização deste sonho, em especial ao meu pai Antônio Francisco do Nascimento Filho e minha mãe Maria Arlete Silva do Nascimento por toda dedicação, paciência, motivação e por sempre acreditarem em mim.

Aos professores que me auxiliaram durante toda essa etapa, especialmente à minha Orientadora Profa. Dra. Ângela Ruriko Sakamoto, pela ajuda, conhecimento e orientação contínua na finalização desse trabalho.

## RESUMO

NASCIMENTO, Laryssa Silva do. **CONTRIBUIÇÃO PARA CONSTRUÇÃO VERDE: Validação de Framework para Escolha de Materiais Construtivos**. 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Este trabalho é relativo à análise da aplicabilidade do framework proposto por Lima (2016) para seleção de materiais construtivos direcionados para a construção verde, sendo desenvolvido por meio de uma metodologia de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, com análise de abordagem qualitativa, a partir da avaliação de um conjunto de materiais já desenvolvidos em pesquisas anteriores realizadas no curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA. O trabalho teve como objetivo aplicar o framework proposto por Lima (2016) na seleção de materiais construtivos direcionados para construção verde da Ecovilla, sendo realizado na cidade de Palmas/TO, no primeiro semestre de 2017, no sentido de dispor de considerações relativas ao tema, apresentando ao final uma lista de materiais construtivos sugestivos para a Ecovilla. Para se atingir ao objetivo geral da pesquisa foram seguidos os seguintes passos: destacar os critérios de classificação de material construtivo na perspectiva sustentável; analisar os materiais selecionados para uso no contexto da cidade de Palmas; identificar os critérios estabelecidos como diretrizes para seleção de materiais verdes; realizar uma abordagem de *trade-offs* (perdas compensatórias) que permitam o uso balanceado de materiais verdes e os tradicionais, a fim de gerar uma melhor relação de custo-benefício para o contexto da Ecovilla. O produto final deste trabalho é uma proposta de materiais para a construção verde da Ecovilla. Dentro de sua organização apresentou-se a conceitualização da temática, sendo embasado na concepção teórica atinente ao estudo, denotando a metodologia utilizada para se chegar aos resultados alcançados com o estudo de caso, bem como, elaborando análises e discussões sobre o tema. Como resultados do trabalho, pode-se destacar que o estudo mostrou a viabilidade de aplicação do *framework* proposto por Lima (2016) para seleção de materiais construtivos direcionados para a construção verde.

Palavras-chave: *Framework*. Materiais Construtivos. Construção Verde.

## ABSTRACT

NASCIMENTO, Laryssa Silva do. **CONTRIBUTION TO GREEN CONSTRUCTION: Validation of Framework for the Choice of Constructive Materials**. 2017. 53 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017.

This work presents an analysis of the applicability of the framework proposed by Lima (2016) for the selection of construction materials directed to the green building, being developed through a methodology of bibliographic research and case study, with analysis of qualitative approach, from the Evaluation of a set of materials already developed in previous research carried out in the Civil Engineering course of CEULP / ULBRA. The objective of this work was to apply the framework proposed by Lima (2016) in the selection of construction materials directed to green building of Ecovilla, in the city of Palmas / TO, in the first half of 2017, in order to have considerations related to the theme , Presenting at the end a list of constructive materials suggestive of Ecovilla. In order to reach the general objective of the research, some specific steps were followed: to highlight the criteria of classification of constructive material in the sustainable perspective; Observe the materials selected for use in the context of the city of Palmas; Identify criteria established as guidelines for selection of green materials; To undertake a trade-offs approach that allows the balanced use of green and traditional materials in order to generate a better cost-benefit relation for the Ecovilla context; And propose, in a suggestive way, a choice of qualification and selection of materials for the green building of Ecovilla. Within its organization, the conceptualization of the subject was presented, based on the theoretical conception related to the study, denoting the methodology used to reach the results achieved with the case study, as well as elaborating analyzes and discussions on the subject, and The conclusive considerations about the study. As a result of the work, it can be highlighted that the study showed the feasibility of applying the framework proposed by Lima (2016) for the selection of construction materials aimed at green building, denoting a significant proposal for the identification, evaluation and qualification of building materials in the Technical and social perspective of green building.

Key-words:Framework. Constructive Materials.Green Construction.

## LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 1 : Fluxograma geral da metodologia. ....	33
Figura 2 : Detalhamento da Aplicação do Framework (LIMA, 2016). ....	34
Quadro 1: Síntese das três certificações utilizadas. ....	27
Quadro 2: 16 critérios pré-selecionados e as respectivas certificações. ....	28
Quadro 3 : Ficha de avaliação – Adobe .....	28
Quadro 4: Protocolo da Pesquisa. ....	53
Quadro 5: Avaliação dos Materiais.....	39
Quadro 6 : Validação de Materiais usando LIMA (2016). ....	39
Quadro 7 : Análise de Trade-off's. ....	40
Quadro 8: Avaliação de materiais para a construção verde .....	42
Quadro 9: Lista de Materiais sugestivos para a Ecovilla. ....	43

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas/TO
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISMAS	Instrumento para a Seleção de Materiais mais Sustentáveis
ISO	International Organization for
MFC	Microsoft Foundation Class
MVC	Model View Controller
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NEI	Núcleo de Empreendedorismo e Inovação
SGA	Sistemas de Gestão Ambiental
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1	Problema de Pesquisa .....	10
1.2	Hipóteses .....	10
1.3	Objetivos .....	11
1.3.1	Objetivo Geral .....	11
1.3.2	Objetivos Específicos .....	11
1.4	Justificativa .....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TÉORICO.....</b>	<b>13</b>
2.1	A sustentabilidade na construção civil.....	13
2.2	A sustentabilidade na caracterização e escolha dos materiais construtivos.....	18
2.3	As ferramentas na seleção de materiais construtivos para construção verde.....	20
2.4	<i>Framework</i> para seleção de materiais para a construção verde .....	23
2.4.1	Definição da ferramenta <i>framework</i> .....	24
2.4.2	Aplicação e utilização da ferramenta <i>framework</i> .....	24
2.5	Critérios para ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016)	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>29</b>
3.1	Desenho do Estudo .....	29
3.2	Objeto de Estudo .....	31
3.3	Procedimentos Técnicos do Estudo .....	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
4.1	Levantamento de TCC's .....	35
4.2	Aplicação do <i>Framework</i> (LIMA, 2016) - Classificação de Materiais .....	36
4.3	Aplicação do <i>Framework</i> Lima (2016): Avaliação dos Materiais .....	36
4.4	Estudo de Viabilidade Técnica: Validação quanto ao Processo Construtivo .....	38
4.5	Análise de <i>Trade-Off's</i> .....	40

4.6	Sugestão de Materiais para a Ecovilla .....	43
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade atual passa por um período de mudanças no meio econômico e social, sendo denotada a importância da temática da sustentabilidade nesse processo, no sentido de levar à compreensão e reflexão do setor imobiliário e de construção civil no processo de evolução da sociedade.

Desta forma, é importante ressaltar que, existe atualmente a preocupação na solidificação e sustentabilidade do setor imobiliário e construtivo, investindo em edificações que além de esteticamente agradáveis, sejam seguras, rentáveis e sustentáveis, considerando a relação custo/benefício da obra.

Nesse contexto, aborda-se a necessidade de qualificação do setor construtivo, concernente à mão de obra, bem como dos materiais e equipamentos utilizados, como os softwares. Assim, contemplando desde o projeto de construção até a adequada execução, de modo a oferecer a utilização de práticas e metodologias inovadoras e seguras, no sentido de propiciar dinamismo, rapidez, alta produtividade e sustentabilidade ao sistema de construção, principalmente quando se trata de projetos de construção verde.

Desta forma, faz-se importante o conhecimento e o uso qualitativo de critérios para avaliação e seleção dos materiais construtivos para a construção verde, surgindo dessa necessidade de um *framework*, que é uma espécie de fluxograma que une variáveis comuns entre vários projetos provendo uma funcionalidade genérica que pode ser usada efetivamente para seleção de materiais nos projetos arquitetônicos e de Engenharia Civil.

Assim, o *framework* permite atingir uma funcionalidade específica, dentro de sua aplicação, mediando o processo de mensuração de desempenho para promover o planejamento e controle organizacional, sendo uma metodologia qualitativa na seleção de materiais construtivos para a construção verde.

Diante do exposto, o presente trabalho traz o estudo da aplicabilidade do *framework* proposto por Lima (2016) para seleção de materiais construtivos direcionados para construção verde. Foi desenvolvido por meio de uma metodologia qualitativa, a partir da avaliação de um conjunto de materiais já desenvolvidos em pesquisas anteriores realizadas no curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, realizado na cidade de Palmas/TO, no sentido de dispor de considerações relativas ao tema, apresentando ao final uma lista de materiais construtivos para a Ecovilla, caso estudado.

A Ecovilla é um projeto de uma cooperativa habitacional para construção de 20 casas para famílias carentes, participantes do projeto habitacional da Prefeitura de Palmas. Essas casas serão construídas no processo de mutirão com uso de construção verde, *greenbuilding*, com ação de uma rede de colaboração coordenada pelo Núcleo de Empreendedorismo e Inovação (NEI) do CEULP/ULBRA que envolve o esforço de alunos voluntários, governo, profissionais liberais e empresas.

Assim, o trabalho elaborado por Lima (2016) serviu de base para o desenvolvimento da presente pesquisa, trazendo a abordagem da necessidade de priorizar os critérios a serem levados em consideração na avaliação de materiais empregados em construções realizadas por mutirões, a partir da aplicação de uma matriz de avaliação de sustentabilidade.

### **1.1 Problema de Pesquisa**

Lima (2016) elaborou um modelo conceitual com a proposição de critérios para avaliação e seleção dos materiais construtivos para construção verde. Este trabalho estende este estudo avaliando um conjunto de materiais já desenvolvidos em pesquisas anteriores, 1 sem/2014 a 1 sem/2016, realizadas no curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA. Este projeto leva em consideração os critérios para aprovação dos materiais, de acordo com seu índice de sustentabilidade, como proposto por Lima (2016) e questiona como verificar se os materiais adotados para Ecovilla são verdes?

### **1.2 Hipóteses**

- ✓ H1: Os critérios propostos podem não ser suficientes para comprovar o desempenho do material na fase construtiva;
- ✓ H2: Os testes realizados nos experimentos dos materiais produzidos no curso de engenharia não avaliam completamente o material;
- ✓ H3: A aplicação dos critérios pode ser prejudicada por não contemplar os aspectos regionais como disponibilidade, conhecimento e cultura.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar o *framework* proposto por Lima (2016) na seleção de materiais construtivos direcionados para construção verde da Ecovilla.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Priorizar os critérios que possam ser levados em consideração para classificar se o material construtivo selecionado é de fato sustentável;
- Avaliar se os materiais escolhidos são coerentes com o contexto da cidade de Palmas;
- Identificar os critérios que sirvam de diretrizes para seleção de materiais verdes;
- Propor uma abordagem de *trade-offs* (perdas compensatórias) que permitam o uso balanceado de materiais verdes e os tradicionais, a fim de gerar uma melhor relação de custo-benefício para o contexto da Ecovilla.

## 1.4 Justificativa

Atualmente é fundamental na construção civil adotar meios que visem o crescimento físico, a evolução tecnológica e a preservação dos recursos naturais. Nesse sentido, a seleção dos materiais construtivos constitui uma etapa primordial à medida que se considera os impactos no setor ambiental, social e econômico.

A partir do estabelecimento dessa premissa, o processo para caracterização e escolha dos materiais construtivos necessita que os profissionais vinculados à construção civil tenham um conhecimento cada vez mais amplo para que sejam capazes de conhecer as particularidades de cada proposta.

É importante enfatizar que o *framework* elaborado por Lima (2016) se torna uma ferramenta que apoia o processo de escolha de materiais. Os critérios apresentados atendem às exigências de diferentes normas relacionados à sustentabilidade e colaboram no sentido de subsidiar o projetista com uma matriz de informações objetivas, auxiliando na escolha dos materiais que minimizem os impactos ambientais.

O modelo proposto baseia-se na facilitação do processo de avaliação do índice de sustentabilidade dos materiais construtivos, auxiliando na viabilidade de utilização e facilidade de compreensão permitindo tomadas de decisões rápidas pelos profissionais.

A relevância dessa pesquisa se propõe a aplicar na prática o modelo de Lima (2016) testando a sua aplicabilidade e contribuindo para a sua melhoria. Além de propor a relação de materiais para a Ecovilla.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas as concepções teóricas respectivas ao estudo, trazendo uma abordagem sobre a sustentabilidade na construção civil, ressaltando a sua importância na caracterização e escolha dos materiais construtivos, bem como quais são as ferramentas na seleção de materiais construtivos direcionados para construção verde.

Por conseguinte, discorre-se sobre o *framework* como ferramenta na seleção de materiais construtivos direcionados para construção verde, trazendo sua definição, aplicação e utilização como ferramenta no processo construtivo, sendo apresentados ainda os critérios para a ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016).

### 2.1 A sustentabilidade na construção civil

A sustentabilidade significa um aumento da qualidade de vida, ao permitir a todos um convívio saudável e socialmente aceito, em condições econômicas e ambientais equilibradas, tanto para o presente, quanto para o futuro (OTTMAN, 2012).

Neste contexto, um ambiente sustentável procura se amparar em ações pontuais, buscando a expansão para o entorno e para a sociedade. A sustentabilidade também está relacionada à conscientização humana da possibilidade do fim dos recursos naturais, ao fazer uso, sem ultrapassar a capacidade de recuperação e sem excluir as possibilidades de uso pelas gerações futuras (PEREIRA *et al*, 2011).

A definição e implementação do conceito de construção sustentável surgiu em 1993 por intermédio de um movimento internacional nos países desenvolvidos envolvidos na reflexão sobre desenvolvimento sustentável e levando em conta os impactos causados pela construção civil em todas as suas fases.

Assim, em 1990, o arquiteto inglês Norman Foster, conhecido por seu estilo ousado e sua preocupação com o meio ambiente, propôs uma análise crítica do impacto ambiental das construções, discutindo o papel da arquitetura e engenharia no processo, concluindo que antes de se buscar as respostas certas é necessário fazer as perguntas certas, conforme disposto por Motta (2009), como, por exemplo:

Porque ocupar novas áreas, quando podemos recuperar áreas? Porque demolir edifícios que poderiam ser utilizados para novos usos? Porque utilizar intensa iluminação artificial onde podemos aproveitar a luz do dia? E porque utilizar sistemas de ar condicionado em locais onde podemos simplesmente abrir uma janela? (FOSTER, 2003, p. 11-12, *apud* MOTTA, 2009, p. 27).

Dessa forma, o ano de 1990, de acordo com Jesus (2014, p. 30) pode ser considerado o ponto de partida para “o despertar” da indústria da Construção Civil para a perspectiva da sustentabilidade, bem como foi, sobretudo a partir dessa década que “a procura pelo desenvolvimento sustentável, [...] passou a ser um fator importante a ser considerado pela sociedade em sua atividade econômica”. Sendo que, a partir dessa década:

O setor da Construção Civil, com grande importância no cenário econômico, também passou a fazer parte desta busca, como forma de adequação ao novo modelo de desenvolvimento que começou a se desenvolver. (JESUS, 2014 p. 30).

Destarte Leite (2011, p. 02) corrobora com o exposto ao dizer que foi nesta década que as consequências da atividade econômica para o ambiente passaram a ter importância vital para a sociedade como um todo, cujas discussões sobre os impactos ambientais não ficaram restritas “[...] somente aos chefes de estado, empresários, grupos de ambientalistas e comunidade científica” como se via até então, bem como outras contribuições relevantes desta década para a reflexão do contexto da sustentabilidade ambiental em todos os setores da sociedade, incluindo o setor da construção civil.

No panorama contemporâneo, os fatores como o crescimento econômico, o aumento da população mundial, o consumo desenfreado, as políticas públicas ineficientes ou inexistentes têm impulsionado a crescente e descontrolada exploração dos recursos naturais.

Desta forma, como resultados mais visíveis, principalmente da ampliação da atividade extrativista, observam-se fenômenos como a ampliação das enchentes nas aglomerações urbanas; a multiplicação dos depósitos de lixo irregulares; o aumento da destruição de rios e córregos; as paisagens naturais com profundas modificações; o aumento do lançamento de gases poluentes na atmosfera; e a modificação do clima com eventual aumento da temperatura na superfície da Terra, como consequência direta do efeito estufa (LAMBERTS *et al*, 2008).

Nesse contexto, ganham impulso ações que visam à redução de impactos, refletindo também na exigência de clientes/usuários que começam a cobrar produtos e serviços diferenciados na construção civil, como o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias, além da implantação de normas e legislações reguladoras.

Com efeito, são inúmeras as etapas a serem observadas para se chegar a uma obra sustentável, uma vez que a mesma está sempre em processo de desenvolvimento e melhoramento. Com base nessa proposição, Araújo (2010, p. 04) ressalta “como prerrogativa da construção sustentável a recomendação de dois elementos-chave: 1) sua complexidade; e 2) sua pluralidade”.

Esses dois elementos-chave podem ser compreendidos no bojo da cadeia produtiva da construção civil, que é responsável pela transformação do ambiente natural no ambiente construído, que precisa ser permanentemente atualizado e mantido, pois: “Não se pode discutir a sustentabilidade na construção civil sem interferir na cadeia produtiva que é complexa”, por envolver diferentes setores, pessoas (físicas e jurídicas) e interesses inseridos na questão (AGOPYAN; JOHN, 2011, p. 23).

Nesse âmbito, há que se pensar e detalhar ações eficazes dentro de uma abordagem sistêmica conforme reportado por Corrêa (2009): "Hoje, a transição para um futuro sustentável, já não é um problema técnico ou conceitual. É um problema de valores, vontade política e liderança".

Portanto, sabendo-se que o “setor da construção civil é um grande consumidor de matérias primas” e “recursos naturais e energéticos, além de gerador de muitos resíduos e considerando a importância desse segmento na transformação do meio ambiente, o setor é cada vez mais objeto de preocupação”, (CORRÊA, 2009).

De igual modo, a construção em bases sustentáveis tem importância fundamental no desenvolvimento e incentivo de toda uma cadeia produtiva que possa alterar seus processos para um foco mais ecologicamente correto, de forma a reverter o quadro de degradação ambiental e poluição, bem como para preservar os recursos naturais para futuros usos (GARÉ, 2011).

Em 1996 também destaca-se a entrada em vigor das normas internacionais de gestão ambiental, da Organização Internacional para a Normatização ou Padronização (*ISO – International Organization for Standardization*), denominadas de “Série ISO 14000” ou “Normas de Série ISO 14000”, que constituem o coroamento de uma longa caminhada em prol da conservação do meio ambiente e do desenvolvimento em bases sustentáveis com dois enfoques básicos: a organização (por meio da implantação de Sistemas de Gestão Ambiental – SGA - a única da série que permite a certificação de um SGA), e o processo/produto (envolvendo as normas como a rotulagem ambiental e a avaliação do ciclo de vida (SEIFFERT, 2007). Estas normas foram o embrião do processo de certificação ambiental das construções, que começou a ser difundido um pouco mais tarde (JESUS, 2014 p. 30).

Em 1997, destacam-se duas contribuições efetivas à reflexão da relação homem x natureza: o livro “*Cities for Small Planet*”, do arquiteto Richard Rogers, que reflete sobre as cidades, consideradas como ‘*habitat* da humanidade’, que constituíram-se no agente destruidor do ecossistema e de ameaça à sobrevivência da própria humanidade; e o Protocolo de Kyoto, considerado, à época, o tratado ambiental mais ambicioso da história da

humanidade, quando metas de redução da emissão de gases poluentes foram estabelecidas (os países industrializados se comprometeram a reduzir, até 2012, suas emissões de gases que contribuem para o aquecimento global em 5,2%, calculados com base nos níveis de emissões de 1990). O Protocolo ainda está em vigor, houve o estabelecimento de novas metas que deverão ser alcançadas até o ano de 2020.

Em 2000 destaca-se a criação, pelo Conselho Internacional da Construção, da Agenda Setorial para Construção Sustentável para países em desenvolvimento. Bem como é concebido “um grupo global para cooperação e trocas de pesquisas em construção sustentável. O objetivo da agenda é diminuir a diferença entre países desenvolvidos e em desenvolvimento na melhora do desempenho do ambiente construído” por entender “que este grupo de países possui um contexto diferente para aplicação da filosofia do desenvolvimento sustentável”. Sendo que o lançamento da agenda foi em 2002. Também em 2000, Jesus (2014, p. 15) reporta que houve a divulgação do:

Conceito de certificação ambiental de construções, criando-se metodologias variadas de avaliação da sustentabilidade na execução das edificações. Outro papel importante da certificação ambiental é o de comunicar à sociedade a preocupação que o setor tem com questões ambientais.

Em 2007 foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) com o objetivo de contribuir para a geração e difusão de conhecimento e de boas práticas de sustentabilidade na construção civil. Adota uma visão sistêmica da sustentabilidade, com foco no setor da construção civil e suas inter-relações com o setor financeiro, o governo, a academia e a sociedade civil.

Adicionalmente, a entidade se relaciona com importantes organizações nacionais e internacionais que se dedicam ao tema, sob diferentes perspectivas, a partir da ótica ambiental, de responsabilidade social e econômica dos negócios (CCBS, 2015).

Face ao exposto, Sousa (2012, p. 22) reporta que a “construção sustentável surge [...] como sendo um processo pelo qual o sector da construção responde à necessidade de satisfazer os requisitos do desenvolvimento das sociedades através da redução do consumo de recursos, da produção de resíduos e das emissões de gases poluentes”.

Portanto, o setor de construção tem uma importância significativa no atendimento às metas de desenvolvimento sustentável estabelecidas para qualquer país, por ser considerado um grande gerador de resíduos em todas as fases de um empreendimento.

Por conseguinte, à aplicação de mecanismos construtivos sustentáveis, de certa forma, atribuiu-se às indústrias da construção civil o papel de desenvolver e aplicar novos materiais de construção às ações que contribuam com a sustentabilidade.

Com efeito, na literatura, vários autores (por exemplo, JESUS, 2014; SOUSA, 2012; ARAÚJO, 2010; PEREIRA, 2009) definem construção sustentável como o compromisso com as sustentabilidades econômica, ambiental e social.

Deste modo, é possível elencar as prioridades conhecidas como “pilares ou diretrizes da construção sustentável”: 1) Planejamento sustentável da obra; 2) Aproveitamento passivo dos recursos naturais; 3) Eficiência energética; 4) Gestão e economia da água; 5) Gestão dos resíduos na edificação; 6) Qualidade do ar e do ambiente interior; 7) Conforto termo-acústico; 8) Uso racional de materiais; 9) Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis. Que podem ser aplicadas por intermédio de uma abordagem sistêmica, integrada e sustentável em todas as fases inseridas na construção – projeto, construção, operação/manutenção e demolição/descarte dos resíduos gerados.

A construção sustentável, segundo Serrador (2008), é alcançada quando o conceito de desenvolvimento sustentável for inserido em todo o ciclo de vida da construção. Sendo resultado de um processo multidisciplinar com o objetivo de restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído enquanto estabelece assentamentos que reafirmam a dignidade humana e encorajam a igualdade econômica.

Nesta seara, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CCBS, 2011, p. 01) institui uma ferramenta para auxiliar na seleção dos fornecedores nomeada “seis passos básicos para a seleção de insumos e fornecedores com critérios de sustentabilidade”, como parte do processo de projetos de edificações sustentáveis objetivando promover a legalidade, a formalidade e a qualidade no setor construtivo civil: “verificação da formalidade da empresa fabricante e fornecedora; verificação da licença ambiental; verificação das questões sociais; qualidade e normas técnicas do produto; consultar o perfil de responsabilidade socioambiental da empresa e identificar a existência de propaganda enganosa”.

Nascimento (2011, p. 01) ressalta que:

A expectativa a partir da utilização da ferramenta é que o setor dê um salto de qualidade, de maneira que a vida útil dos edifícios brasileiros aumente e que diminua a necessidade de reposição e manutenção frequentes, para evitar o uso de recursos naturais, minimizando os impactos ambientais inerentes a própria atividade de construção.

De acordo com Florim e Quelhas (2004), a sustentabilidade está interligada em três parâmetros (econômicos, sociais e ambientais), de forma que tais aspectos sejam levados em

consideração desde o planejamento prévio da obra, durante a execução e na fase de uso e manutenção do produto final. Logo, o planejamento da obra deve ser feito com base em projetos enquadrando a gestão de resíduos e o reaproveitamento de materiais.

De uma forma geral, o termo construção sustentável se resume a um meio de minimizar e solucionar os impactos resultantes das ações construtivas, de modo que os recursos naturais sejam preservados e melhor aproveitados, sendo possível a realização de ações ambientais para que os mesmos não sejam exauridos (PEREIRA, 2011).

Por outro lado, Jesus (2014, p. 55-56) dispõe que:

A existência dos processos de certificação ambiental tem acarretado em causas e consequências de novos fenômenos no setor da Construção Civil. Para que os impactos ambientais gerados pelas construções sejam minimizados, é necessário que algumas atividades sofram alterações, de modo a resultar nesta redução”. Bem como “os projetos, por exemplo, precisam considerar estas mudanças, para que o resultado final seja alcançado.

Sendo que, dessa forma, os pré-requisitos de projetos, em geral, devem-se analisar algumas prioridades antes de iniciar alguma obra quando se aplicam métodos sustentáveis.

## **2.2 A sustentabilidade na caracterização e escolha dos materiais construtivos**

Para atender ao consumo e as necessidades da população atual e futura, principalmente nos países classificados como emergentes, como é o caso do Brasil, a construção civil necessita de uma quantidade expressiva de materiais. A especificação de materiais tende a se tornar cada vez mais exigente, ampliando os critérios de seleção tradicionais, tais como a estética, o custo, a potencialidade para se construir rapidamente, além das preocupações sociais (PEREIRA, 2011).

A inserção dos conceitos de sustentabilidade no projeto e, por conseguinte, na seleção de materiais surge como uma nova meta aos projetos. Isso induz à afirmativa de que é necessário desenvolver novas técnicas, ferramentas e metodologias que colaborem com os novos compromissos a serem cumpridos e que sejam direcionadas aos profissionais para que possam ser inseridas no *modus operandi* da atividade profissional (JESUS, 2014).

Oportunamente, Nascimento (2011) destaca que, ainda é incipiente a atuação dos projetistas na adoção de parâmetros denominados como sustentáveis para a escolha de materiais, sendo que esta deficiência vem acompanhada da dificuldade para a introdução dos princípios da sustentabilidade no processo de elaboração do projeto, decorrendo de várias vertentes, como: o desconhecimento do conceito por parte dos profissionais; da ausência de critérios sistematizados para auxiliar nas escolhas; da falta de disciplinas acadêmicas

específicas e de mecanismos para implantar novos hábitos; da resistência do cliente pelo custo de investimento em técnicas e materiais diferenciados; da falta de exemplos concretos próximos; da resistência por parte dos construtores e incorporadores; da falta de conhecimento pelo cliente; da falta de divulgação e normatização de determinados produtos e soluções; e da ausência de informações sobre o tema.

Dáí faz-se necessário a qualificação da área para que se torne mais abrangente, de modo a atender à necessidade da sociedade atual, pois no Brasil, quando se trata de seleção de materiais para obras públicas, por exemplo, ainda se destaca a Lei 8.666 (BRASIL, 1993), que considera o menor custo como fator elementar para a escolha.

Em janeiro de 2010, entrou em vigor a Instrução Normativa nº 01 (BRASIL, 2010), a qual dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional.

Outro exemplo e que diz respeito especificamente à habitação é a proposta contida na NBR 15575 (ABNT, 2013), no que cabe às propriedades e desempenho dos materiais construtivos, relacionando com as perspectivas de durabilidade e manutenibilidade, pois entende-se a partir dessa norma que tais questões são relevantes para a sustentabilidade ambiental e socioeconômica das habitações no Brasil.

Assim, vale ressaltar que as normas ainda são incipientes e fornecem algumas recomendações, mas não apresentam indicadores detalhados para a efetiva compreensão do conceito de sustentabilidade relacionada aos materiais construtivos, embora sejam instrumentos de incontestável efeito nos estudos e no fomento às discussões paralelas. Esse panorama justifica a necessidade de estruturação dos indicadores de sustentabilidade para auxiliar o projetista na seleção dos materiais.

Na conceitualização, entende-se por indicador uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa utilizada, para organizar informações relevantes dos elementos que constituem o componente da análise (FERREIRA *et al.*, 2009). Já Magalhães (2004) afirma também que são parâmetros representativos, concisos, fáceis de interpretar e de serem obtidos.

Já o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) considera os indicadores de sustentabilidade um meio para se atingir o desenvolvimento sustentável sendo mais úteis quando analisados em seu conjunto do que o exame individual de cada indicador (IBGE, 2010).

Doravante, delimitando a temática dentro da importância do processo para caracterização e escolha dos materiais construtivos, necessita-se que os profissionais vinculados à construção civil tenham um conhecimento cada vez mais amplo para que sejam

capazes de conhecer as particularidades de cada proposta, aqui se destacando a construção verde, enfatizando que o *framework* elaborado por Lima (2016) se torna uma ferramenta que apoia o processo de escolha desses materiais.

### **2.3 As ferramentas na seleção de materiais construtivos para construção verde**

Um instrumento utilizado para a distinção de forma ampla dos materiais sustentáveis daqueles que não são, segundo Macower (2009), é identificar se o material em questão responde positivamente as questões a seguir: colabora para a eficiência energética das habitações; tem origem em recursos renováveis e naturais; apresenta alta durabilidade e reduzidas necessidades de manutenção; é possível de renovação e reciclagem; são fabricados localmente; as emissões de poluentes para o ambiente são reduzidas em comparação com outros materiais; possibilita o uso de mão de obra não qualificada; e apresenta baixa toxicidade para os seus usuários. Caso as respostas sejam positivas, o material é sustentável. Baseada nesses critérios e em uma série de outras fontes, Bissoli - Dalvi (2014) criou o ISMAS – Instrumento para a seleção de materiais mais sustentáveis.

Em relação as ferramentas de avaliação de sustentabilidade, são extraídas informações relevantes ao estudo dos materiais e avaliada a relevância dos itens. Dentro desta perspectiva, John *et al*, (2007) acreditam que a seleção de materiais pode ser originada a partir de critérios presentes nos sistemas de avaliação, explicando que o uso de diferentes técnicas para formatar o objeto de estudo permitem identificar questões semelhantes. Estes autores reforçam ainda que, ao permitir o ajuste, favorece o descarte de informações não viáveis e a seleção de aspectos relevantes. Assim, no que cabe ao tema da sustentabilidade, acreditam que até as ferramentas mais sofisticadas não podem contabilizar todas as variáveis. Assim, o processo de avaliação precisa limitar o foco para questões mais relevantes, ou seja, delimitar as fronteiras.

Para a utilização deste método, assume-se o fato de que os itens não considerados, são computados como efeito desprezível no todo (JOHN *et al*, 2007), enaltecendo a necessidade de limitar ou excluir itens subjetivos e difíceis de analisar, o que pode ser considerada uma decisão de fator crítico, porém necessário.

Nessa lida, John *et al* (2007), lembram que mesmo sendo considerado um completo instrumento de avaliação ambiental, fatores como a complexidade e os poucos dados existentes, dificultam a utilização. Somam-se também o conhecimento e o uso restritos pelos agentes do setor da construção e os elevados custos despendidos.

No Brasil, tais dificuldades acentuam-se pela ausência de bases de dados relativas aos impactos ambientais dos materiais e pelo alto custo dos processos certificadores. Também são barreiras a falta de informações básicas para alimentar as simulações e avaliar o impacto da produção e ciclo de vida, assim como a dificuldade em determinar padrões de durabilidade em diferentes aplicações e condições de exposição (FERREIRA *et al*, 2009).

Na prática, os bancos de dados internacionais são usados como referências, contudo, estes podem apresentar informações que não refletem a situação local (OLIVEIRA, 2009). A disponibilidade dos dados depende de pesquisas mais profundas nas diversas áreas envolvidas. Assim, muitas vezes, faz-se necessário simplificar as metodologias e realizar adaptações e aproximações a respeito dos dados disponíveis, que em sua maioria procedem de países europeus (MACOWER, 2009).

Diante de tais dificuldades, as ferramentas de avaliação ambiental de edifícios empregam em suas metodologias a ideia de ciclo de vida, porém de maneira diferente: possuem critérios que devem ser cumpridos e, em geral, abordam itens relacionados à fase de projeto, construção, manutenção e demolição/desconstrução das edificações (PEREIRA, 2011).

Dessa forma, avaliam as questões relacionadas às esferas ambiental e, algumas vezes, social e econômica. Essas ferramentas reduzem um problema complexo a indicadores ou critérios simplificados ou a uma solução preferencial, reconhecida como a de menor impacto (JOHN *et al*, 2007).

Os mesmos autores acreditam que tais instrumentos se apresentam como a melhor alternativa para a avaliação ambiental de produtos da construção civil. As ferramentas de avaliação possuem diretrizes que servem de assistência ao projetista. Os assuntos abordados nas ferramentas são normalmente agrupados em áreas temáticas, o que contribui para uma melhor compreensão e utilização das mesmas (PEREIRA, 2011).

A seleção de materiais assistida por ferramentas de avaliação oferece uma interface para que o usuário possa processar sistematicamente um número significativo de critérios, muitas vezes inter-relacionados (JOHN *et al*, 2007).

Outra metodologia que colabora neste sentido é a que considera a energia embutida, ou energia incorporada nos materiais. Esta é entendida como toda a energia consumida durante o ciclo de vida do material, sendo considerados os melhores materiais aqueles que consomem menos energia (OLIVEIRA, 2009).

Nesse quesito, o consumo é calculado a partir da quantificação de toda a energia consumida, desde a extração da matéria-prima, passando pelos processos de beneficiamento,

instalação, uso e destino final, incluindo também a energia necessária para o transporte. Sendo que, assim também é conceituada como um indicador de sustentabilidade das edificações (PEREIRA, 2011).

Outro método utilizado para a seleção de materiais considera os materiais preferenciais, sendo aqueles que geram menor impacto sobre o meio ambiente. Em geral, é disponibilizado um sistema de pontuação. Também são desencorajados os materiais com alto grau de toxicidade e baixa condição de biodegradabilidade (OLIVEIRA, 2009).

Destarte, são incentivados os materiais reciclados, com baixa emissão de poluentes na produção, de longa vida útil, além do reuso, da incorporação de conteúdo reciclado e da valorização da facilidade do desmonte. Sendo que, a seleção por este método no Brasil não deve acontecer em curto prazo, devido à ausência de dados confiáveis e de pesquisas específicas (JOHN *et al*, 2007).

Alguns *softwares* são considerados como ferramentas digitais de suporte a decisões e auxílio para seleção de materiais, e na grande maioria, disponibilizam bancos de dados digitais, com informações técnicas diversas, que são classificados na categoria geral – inclui várias famílias de materiais –, e específica – quando envolve apenas uma classe ou mesmo uma subclasse de materiais (MACOWER, 2009).

Para o uso das ferramentas digitais, é importante que a informação seja acessível, fácil de usar, que os bancos de dados estejam organizados, que o modelo incorpore informações necessárias no processo de projeto e que os dados sejam padronizados, mantendo relações com outros bancos de dados. Nesse sentido, o autor conclui que há pouca uniformidade nas informações disponibilizadas pelas bases de dados, o que implica em pouca compatibilidade entre os dados das diferentes ferramentas digitais (MACOWER, 2009).

Outro método de tomada de decisão é a seleção de materiais por diferentes atributos, onde são considerados múltiplos critérios de suporte à decisão, faz uso de cálculos matemáticos, matrizes, fórmulas, e conceitos de estatísticas. Podendo-se mencionar o método TOPSIS; o método numérico para a seleção de materiais; a teoria dos grafos e matriz de abordagem de representação para a seleção de material; a metodologia AHP/ TOPSIS; o método PSI; o método VIKOR; entre outros (LEITE, 2011).

A seleção de materiais por diferentes atributos requer conhecimentos específicos e exige cálculos de considerável complexidade. Apesar de já existirem estudos, pesquisas e avanços em metodologias que auxiliem a seleção de materiais, ainda há distorções na interpretação dos resultados, ao comparar os diferentes sistemas de classificação, além da

ausência de uma metodologia que seja comumente aceita, seja pela conceituação proposta ou pela praticidade de uso (NASCIMENTO, 2011).

Dessa forma, pode-se ressaltar que, durante muito tempo a descentralização e administração dos sistemas de informações geográficas impulsionaram a comunidade desenvolvedora desses sistemas para o fortalecimento da plataforma dos *desktops* (MOTTA, 2009).

Considerando a evolução desses sistemas, contudo, surgem as mudanças para os dias atuais, como a flexibilização dessas plataformas para as arquiteturas de serviços distribuídos pela internet. Diferentemente de outros tipos de serviços de informação, requer ambientes específicos de *softwares* que possibilitem aproximações entre as instituições através de mecanismos dinâmicos de comunicação (MOTTA, 2009).

Assim, classificar as relações operacionais entre cliente, servidor, objetos geográficos e operações entre SIG's requer um detalhamento através dos meta-dados, possibilitando a comunicação entre diferentes serviços distribuídos (ISO/TS, 2008). Adotar uma estratégia de trabalho através de um ambiente único, proporcionando a colaboração, visa definir um conjunto de competências requeridas para a resolução de problemas comuns, (MOTTA, 2009).

Para isso, a implementação de ontologias se faz uma alternativa interessante para leitura e identificação de estruturas conceituais, em especial para os padrões espaciais elaboradas para auxiliar na organização e na integração entre sistemas distintos.

Com essa perspectiva, decorre a formulação de uma estratégia tecnológica, cujo ponto central é a definição de uma trajetória de aprendizado que visa desenvolver um conjunto de competências organizacionais em níveis. Observa-se que a estratégia responde a questões de longo prazo e que a tecnologia é tratada de forma ampla, envolvendo aspectos relacionados aos produtos e aos processos (NASCIMENTO, 2011).

#### **2.4 Framework para seleção de materiais para a construção verde**

Este tópico visa apresentar o *framework*, como uma importante ferramenta no processo construtivo, a partir de seu uso na seleção de materiais para a construção verde, trazendo assim sua definição, aplicação e utilização como ferramenta no processo construtivo, sendo apresentados ainda os critérios para a ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016).

### 2.4.1 Definição da ferramenta *framework*

Muitos autores aceitam que um *framework* orientado a objetos é um programa de arquitetura reutilizável incluindo projeto e código. Contudo, essa definição geralmente não é aceita e constitui, apenas, uma parte dela, sendo que, provavelmente a definição com maior referência diz que: “*Framework* é um conjunto de classes que incorpora um projeto abstrato para soluções de uma família de problemas associados” (OLIVEIRA, 2005).

Então, um *framework* consiste de um conjunto de classes (podendo não ser abstrata), cujas instâncias trabalham em conjunto. É esperado que ele seja expansível, isto é, reutilizável (projeto abstrato). Não é obrigatório que ele faça uso completo do domínio de aplicação, permitindo a composição de *frameworks*. Além disso, *frameworks* são expressos em uma linguagem de programação, provendo reuso de código e projeto (OLIVEIRA, 2005).

Em outras palavras, *framework* é um projeto e uma implementação parcial de uma aplicação para um dado domínio do problema. Quando se discute conceitos de *framework*, normalmente surgem dificuldades terminológicas devido ao fato de não existir uma definição comum de *framework* (OLIVEIRA, 2005).

*Framework* é construído para abstrair diversas aplicações de um determinado domínio, por exemplo, um *framework* para abstrair diversos editores de texto. Obtém-se o que esses editores têm em comum e produz-se um sistema abstrato, genérico, admitindo-se que todas as classes desse sistema são abstratas. Contudo, não é possível criar objetos de classes abstratas e sendo assim esse conjunto de classes abstratas (*framework* - editor de texto) não pode ser caracterizado como uma aplicação, mas pode ser transformado em uma aplicação criando-se subclasses, compondo-se classes existentes e criando-se classes auxiliares.

Como no exemplo em questão o *framework* é uma abstração de um editor de texto genérico, ele é suscetível a mudanças. Diante disso, vários editores diferentes podem ser derivados dele apenas criando-se classes, subclasses, etc. Quando um *framework* é transformado em uma aplicação concreta diz-se que foi feita a instanciação do *framework*. O programador responsável por isso recebe o nome de instanciador ou usuário instanciador (JESUS, 2014).

### 2.4.2 Aplicação e utilização da ferramenta *framework*

De acordo com Oliveira (2005), o primeiro *framework* largamente utilizado foi criado para interface com o usuário, da *Smalltalk-80*, chamado *Model-View-Controller* (MVC). A

Apple Inc. desenvolveu o *MacApp*, um outro *framework* de interface como o usuário, que foi projetado para suportar implementações de aplicações da Macintosh.

No entanto, os *frameworks* só despertaram maior interesse quando foram desenvolvidos o *InterView* e o ET++, que são *frameworks* de interface com o usuário, e foram disponibilizados no mercado. Sendo assim, era possível a interação com outras linguagens de programação (OLIVEIRA, 2005).

Existem também muitos *frameworks* comerciais de interface com o usuário, por exemplo, *zApp*, *OpenStep* e *Microsoft Foundation Class* (MFC). Sendo que, o sucesso e o grande número de *frameworks* de interface com o usuário causou a falsa ideia de que *frameworks* são limitados somente a interfaces com o usuário.

Todavia, existem muitos *frameworks* para diferentes domínios de aplicação, por exemplo, para sistemas de hipermídia, sistemas psicofisiológico, editores de desenho, sistemas operacionais, compiladores, programas de protocolo de internet, sistemas de alarmes contra incêndio, entre outros, podendo ser usado como método avaliativo no planejamento e execução da Engenharia Civil (OLIVEIRA, 2005).

Para o gerenciamento do *framework*, deve ser realizada a estruturação do repositório principal, caracterizando uma base fixa para o armazenamento dos dados relacionais, possibilitando a parametrização de funcionalidades para a personalização do ambiente. Inicialmente, o repositório deve ser projetado visando centralizar dados específicos a partir de processos executados diretamente no *framework* (OLIVEIRA, 2005).

A possibilidade de desenvolver aplicativos em três camadas (cliente, servidor e banco de dados) possibilitou o surgimento de vários sistemas *webmapping*, apresentando componentes importantes para sua utilização junto às instituições públicas.

De acordo com Oliveira (2005), os benefícios básicos dos *frameworks* orientados a objetos originam-se da modularidade, reusabilidade e extensibilidade que eles proveem ao desenvolvedor (usuário instanciador), como descrito abaixo:

I). Modularidade: os *frameworks* melhoram a modularidade pelo encapsulamento de detalhes temporários da implementação atrás das interfaces estáveis. A modularidade ajuda o *framework* a melhorar a qualidade do programa localizando mais facilmente o impacto de mudanças no projeto e na implementação. Essa localização reduz o esforço necessário para compreender e manter programas existentes;

II). Reusabilidade: as interfaces estáveis, fornecidas pelos *frameworks*, melhoram a reusabilidade através da definição de componentes genéricos, que podem ser reaplicáveis para criar novas aplicações. A reusabilidade de *frameworks* influencia no conhecimento do

domínio e no esforço prévio de desenvolvedores experientes, a fim de evitar que soluções comuns sejam recriadas e revalidadas. O reuso de componentes de *frameworks* pode render melhorias substanciais na produtividade do usuário instanciador, bem como melhorias na qualidade, no desempenho, na confiabilidade e na interoperabilidade do programa;

III). Extensibilidade: os *frameworks* melhoram a extensibilidade devido ao fornecimento de métodos explícitos, permitindo que as aplicações estendam as interfaces estáveis deles. Esses métodos desacoplam as interfaces estáveis e os comportamentos de um domínio de aplicação das variações requeridas pelas instanciações de uma aplicação em um contexto particular. A extensibilidade do *framework* é essencial para assegurar personalização oportuna de serviços e de características de uma nova aplicação.

Assim, pode-se entender, a partir da revisão de literatura que a diferença entre um *framework* e uma biblioteca está no fato de que as bibliotecas contêm classes separadas que podem ser usadas independentemente umas das outras: o usuário instancia as classes e chama os métodos dela. Os usos dessas bibliotecas são muito semelhantes ao uso de módulos e bibliotecas de sub-rotina, (OLIVEIRA, 2005).

Dessa forma, bibliotecas são principalmente focadas em reuso de código, raramente em análise e projeto. Muitas delas oferecem serviços gerais, tais como estruturas de dados. Por outro lado, os *frameworks* são mais dependentes do domínio de aplicação. Eles consistem de classes relacionadas cujos os objetos interagem uns com os outros. Quando se usa *frameworks*, a ideia é reutilizar toda a arquitetura do sistema e não somente classes individuais (LIMA, 2016).

Dessa forma, o uso de *framework* reduz mais a quantidade de código de uma aplicação específica do que usando bibliotecas da classe, sendo que a seleção é um dos fatores que diferenciam *frameworks* de bibliotecas de classe. Quando se usa bibliotecas, o código da aplicação é responsável pelo controle de fluxo. Já nos *frameworks*, o método principal está contido dentro dele e ele chama o código da aplicação e “vice-versa”, (LIMA, 2016).

## **2.5 Critérios para ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016)**

Os critérios apresentados pelo *framework* elaborado por Lima (2016) atendem às exigências de diferentes normas relacionados à sustentabilidade e colaboram no sentido de subsidiar o projetista com uma matriz de informações objetivas, auxiliando na escolha dos materiais que minimizem os impactos ambientais.

Assim, o trabalho elaborado por Lima (2016), que servirá de base para o desenvolvimento da presente pesquisa, traz a abordagem da necessidade de priorizar os critérios a serem levados em consideração na avaliação de materiais empregados em construções realizadas por mutirões, a partir da aplicação de uma matriz de avaliação de sustentabilidade elaborada.

A pesquisa, de âmbito puramente bibliográfico, consiste na identificação de materiais utilizados nas construções finalizadas de residenciais em regime de mutirão, sendo feitas também algumas considerações respectivas às vantagens e desvantagens desses materiais e se existe viabilidade de aplicação de tais materiais na matriz de avaliação de sustentabilidade.

Dessa forma, são critérios para ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016): ISMAS; Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais; Manual de habitação 1.0; Contribuição para a sustentabilidade na construção civil; LEED (Liderança em Projetos Ambientais e Energia); AQUA (Alta Qualidade Ambiental); e Selo CASA AZUL, como podemos ver no quadro a seguir 1:

**Quadro 1:** Síntese das três certificações utilizadas.

LEED	AQUA	SELO AZUL CAIXA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faz uso de madeira certificada;</li> <li>• Os materiais são renováveis;</li> <li>• Reutiliza materiais do edifício;</li> <li>• Utiliza materiais com componentes reciclados;</li> <li>• Faz uso de materiais regionais/locais;</li> <li>• Gestão de resíduos de construção e demolição;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção - permanência do desempenho ambiental;</li> <li>• Conforto higrotérmico, acústico e visual;</li> <li>• Qualidade sanitária dos ambientes;</li> <li>• Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos;</li> <li>• Gestão dos resíduos das fases dos edifícios (uso e operação);</li> <li>• Gestão da água e da energia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidade de projeto;</li> <li>• Desempenho térmico – Vedações;</li> <li>• Coordenação modular;</li> <li>• Qualidade de materiais e componentes;</li> <li>• Componentes industrializados ou pré fabricados;</li> <li>• Formas e escoras reutilizáveis</li> </ul>

Fonte: Lima (2016).

Nesse âmbito, a avaliação e seleção de materiais construtivos para a construção verde devem ser submetidos a esses critérios, dentro dos seguintes parâmetros, conforme os quadros 2 e 3, a seguir:

**Quadro 2:** 16 critérios pré-selecionados e as respectivas certificações.

Critérios		Modelos/Certificações Ambientais		
		LEED	AQUA	Selo Azul da Caixa
1	É possível fazer uso de mão de obra não qualificada			
2	A manutenção ocasiona baixo impacto			
3	O material é viável economicamente			
4	O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado			
5	O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado			
6	A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas			
7	Os processos favorecem redução da energia incorporada			
8	Pode ser utilizado com mínimo processamento			
9	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos			
10	Possui certificação ambiental			
11	A durabilidade independe de manutenção			
12	É renovável			
13	Dispensa materiais adicionais para acabamento			
14	Possui elementos reciclados			
15	Favorece a baixa geração de resíduos			
16	Não emite substâncias prejudiciais à saúde			

Fonte: Lima (2016), adaptado de Bissoli - Dalvi (2014).

**Quadro 3:** Ficha de avaliação – Adobe

ADOBE	Critérios	Escala de graduação para a avaliação de cada critério			Pesos	Pontuação
		Prática negativa	Prática padrão	Prática positiva		
Adequabilidade	1	É possível fazer uso de mão de obra não qualificada			1	1
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto			3	3
	3	O material é viável economicamente			2	2
Desempenho	4	O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado			3	3
	5	O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado			3	3
Energia	6	A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas			1	1
	7	Os processos favorecem redução da energia incorporada			2	2
	8	Pode ser utilizado com mínimo processamento			1	1
	9	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos			4	4
Legalidade	10	Possui certificação ambiental			3	-
Economia de Matérias-primas	11	a durabilidade independe de manutenção			2	-
	12	É renovável			4	-4
	13	dispensa materiais adicionais para acabamento			1	1
	14	Possui elementos reciclados			2	-2
	15	Favorece a baixa geração de resíduos			4	4
	16	Não emite substâncias prejudiciais à saúde			4	4
Pontuação TOTAL						31

Fonte: Lima (2016), adaptado de Bissoli - Dalvi (2014).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Desenho do Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma abordagem qualitativa, embasada no referencial teórico do tema proposto, com o desenvolvimento de um estudo de caso.

Assim, no que tange à forma de abordagem, a pesquisa classifica-se como qualitativa quando denota que serão utilizados critérios qualitativos nas pesquisas bibliográficas como forma de apurar os elementos e atributos para a construção de um *framework* de indicadores de desempenho. De acordo com Gil (2010), pesquisas do tipo qualitativas têm como enfoque os estudos em que as variáveis ainda são desconhecidas, pois na abordagem qualitativa, a quantidade é substituída pela intensidade, mediante a análise de diferentes fontes que possam ser cruzadas, atingindo, dessa forma, níveis de compreensão que não podem ser alcançados por meio de uma pesquisa quantitativa.

Nesse sentido, conforme a figura 1 a seguir, os passos 2, 3, 4 e 5 foram realizados utilizando os critérios qualitativos para a apuração dos elementos e atributos na perspectiva da construção de um *framework* de indicadores de desempenho, considerando:

- ✓ A Instrução Normativa nº 01 (BRASIL, 2010), a qual dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional;
- ✓ A proposta contida na NBR 15575 (ABNT, 2013), no que cabe às propriedades e desempenho dos materiais construtivos, relacionando com as perspectivas de durabilidade e manutenibilidade, sendo relevantes para a sustentabilidade ambiental e socioeconômica das habitações no Brasil.
- ✓ O preconizado pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CCBS, 2011, p. 01) que instituiu uma ferramenta para auxiliar na seleção dos fornecedores nomeada “seis passos básicos para a seleção de insumos e fornecedores com critérios de sustentabilidade”: 1.verificação da formalidade da empresa fabricante e fornecedora;2.verificação da licença ambiental; 3.verificação das questões sociais; 4.qualidade e normas técnicas do produto; 5.consultar o perfil de responsabilidade socioambiental da empresa e 6.identificar a existência de propaganda enganosa”.

- ✓ A ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016): ISMAS; Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais; Manual de habitação 1.0; Contribuição para a sustentabilidade na construção civil; LEED (Liderança em Projetos Ambientais e Energia); AQUA (Alta Qualidade Ambiental); e Selo CASA AZUL, como pode ser verificado nos quadros 1,2 e 3.

Assim, a pesquisa foi realizada desenvolvendo os seguintes passos:

**Quadro 4:** Protocolo da pesquisa.

<b>PASSO 1:</b>
<p>Realização de pesquisa bibliográfica – biblioteca do CEULP/ULBRA – (<b>físico</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Engenharia Civil;</li> <li>✓ Sustentabilidade;</li> <li>✓ Construção verde;</li> <li>✓ Materiais sustentáveis na construção civil.</li> </ul> <p>Realização de pesquisa bibliográfica – Livros, TCC, artigos e dissertações (<b>on line</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Engenharia Civil;</li> <li>✓ Sustentabilidade;</li> <li>✓ Construção verde;</li> <li>✓ Materiais sustentáveis na construção civil.</li> </ul> <p>Realização de pesquisa bibliográfica – biblioteca do CEULP/ULBRA – (<b>TCC's</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Engenharia Civil;</li> <li>✓ Sustentabilidade;</li> <li>✓ Construção verde;</li> <li>✓ Materiais sustentáveis na construção civil.</li> </ul>
<b>PASSO 2:</b>
<p>Seleção de TCC's do Curso de Engenharia Civil (Período 1 sem/2014 a 1 sem/2016):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Engenharia Civil;</li> <li>✓ Sustentabilidade;</li> <li>✓ Construção verde;</li> <li>✓ Materiais sustentáveis na construção civil.</li> </ul> <p>Elaboração de Planilha dos TCC's selecionados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ano;</li> <li>✓ Autoria;</li> <li>✓ Tema.</li> </ul>
<b>PASSO 3:</b>
<p>Classificação dos Materiais utilizados nos TCC's selecionados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaboração de planilha com os materiais utilizados em cada trabalho;</li> <li>✓ Classificação em: Sustentáveis ou não-sustentáveis considerando:</li> <li>✓ Ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016) – ISMAS;</li> <li>✓ Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais;</li> <li>✓ Manual de habitação 1.0;</li> <li>✓ Contribuição para a sustentabilidade na construção civil;</li> <li>✓ LEED (Liderança em Projetos Ambientais e Energia);</li> <li>✓ AQUA (Alta Qualidade Ambiental);</li> <li>✓ e Selo CASA AZUL.</li> </ul>
<b>PASSO 4:</b>

<p>Avaliação dos Materiais utilizados nos TCC's selecionados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaboração de planilha de avaliação, por eixo de trabalho;</li> <li>✓ Água;</li> <li>✓ Aterro sanitário;</li> <li>✓ Gerenciamento de procedimentos construtivos;</li> <li>✓ Isolamento Térmico e/ou Acústico;</li> <li>✓ Processo Construtivo Alternativo;</li> <li>✓ Segurança do Trabalho.</li> </ul> <p>Usando critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016) – ISMAS;</li> <li>✓ Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais;</li> <li>✓ Manual de habitação 1.0;</li> <li>✓ Contribuição para a sustentabilidade na construção civil;</li> <li>✓ LEED (Liderança em Projetos Ambientais e Energia);</li> <li>✓ AQUA (Alta Qualidade Ambiental);</li> <li>✓ e Selo CASA AZUL.</li> </ul>
<b>PASSO 5:</b>
<p>Estudo de viabilidade técnica dos Materiais utilizados nos TCC's selecionados, com a elaboração de planilha de análise dentro da seguinte validação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Edificação – Materiais;</li> <li>✓ Água – Abastecimento / Reaproveitamento;</li> <li>✓ Luz – Iluminação;</li> <li>✓ Telhado Verde/Arborização – Climatização;</li> <li>✓ Solo – Utilização/Aproveitamento.</li> </ul> <p>Usando critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de avaliação de sustentabilidade proposto por Lima (2016) – ISMAS;</li> <li>✓ Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais;</li> <li>✓ Manual de habitação 1.0;</li> <li>✓ Contribuição para a sustentabilidade na construção civil;</li> <li>✓ LEED (Liderança em Projetos Ambientais e Energia);</li> <li>✓ AQUA (Alta Qualidade Ambiental);</li> <li>✓ e Selo CASA AZUL.</li> </ul>

Fonte: Autora (2017)

Dessa forma, de acordo com as classificações de Gil (2010), quanto ao objetivo, pode-se classificar esta pesquisa como descritiva e exploratória, uma vez que buscou-se uma maior familiaridade com o problema, de modo a torná-lo mais explícito. Para Collins e Hussey (2005) a pesquisa exploratória objetiva encontrar padrões, ideias ou hipóteses e não de testar ou confirmá-los, e neste sentido utilizar-se-á um método mais aberto, e o foco estará em reunir dados e impressões amplas sobre o fenômeno estudado.

### 3.2 Objeto de Estudo

O objeto do estudo da presente pesquisa é a análise da aplicabilidade do *framework* proposto por Lima (2016) na seleção de materiais construtivos direcionados para construção verde. A partir da avaliação de um conjunto de materiais já desenvolvidos em pesquisas

anteriores realizadas no curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA e as características da Ecovilla.

Assim, a abordagem do projeto se deu na perspectiva do NEI, que é o Núcleo de Empreendedorismo e Inovação do CEULP/ULBRA, o qual é uma iniciativa conjunta dos cursos de Administração de Empresas, Arquitetura e Urbanismo, Ciências Contábeis, Engenharia Civil e Engenharia de Minas do CEULP/ULBRA junto com a Associação Comercial e Industrial de Palmas – ACIPA, MAXDATA e a Prefeitura de Palmas, sendo constituído por alunos voluntários, governo, profissionais liberais e empresas, no sentido de colocar os acadêmicos em contato com os problemas e as necessidades dos empresários locais, relacionados aos diversos serviços para terem a oportunidade de vivenciar a aplicação prática dos conceitos teóricos vistos em sala, favorecendo a construção do conhecimento e também a sua empregabilidade pós-conclusão do curso.

O estudo foi realizado na cidade de Palmas/TO, iniciado no segundo semestre de 2016 e concluída no primeiro semestre de 2017.

### **3.3 Procedimentos Técnicos do Estudo**

Com relação aos procedimentos técnicos, utilizou-se a pesquisa bibliográfica para contextualização e elaboração do referencial teórico que servirá de base para o trabalho, considerando que de acordo com Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa bibliográfica é o levantamento da literatura já publicada, em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita, pois a sua finalidade é fazer com que o pesquisador possa ter contato direto com o material escrito sobre um determinado assunto, auxiliando o cientista na análise de suas pesquisas ou na manipulação de suas informações.

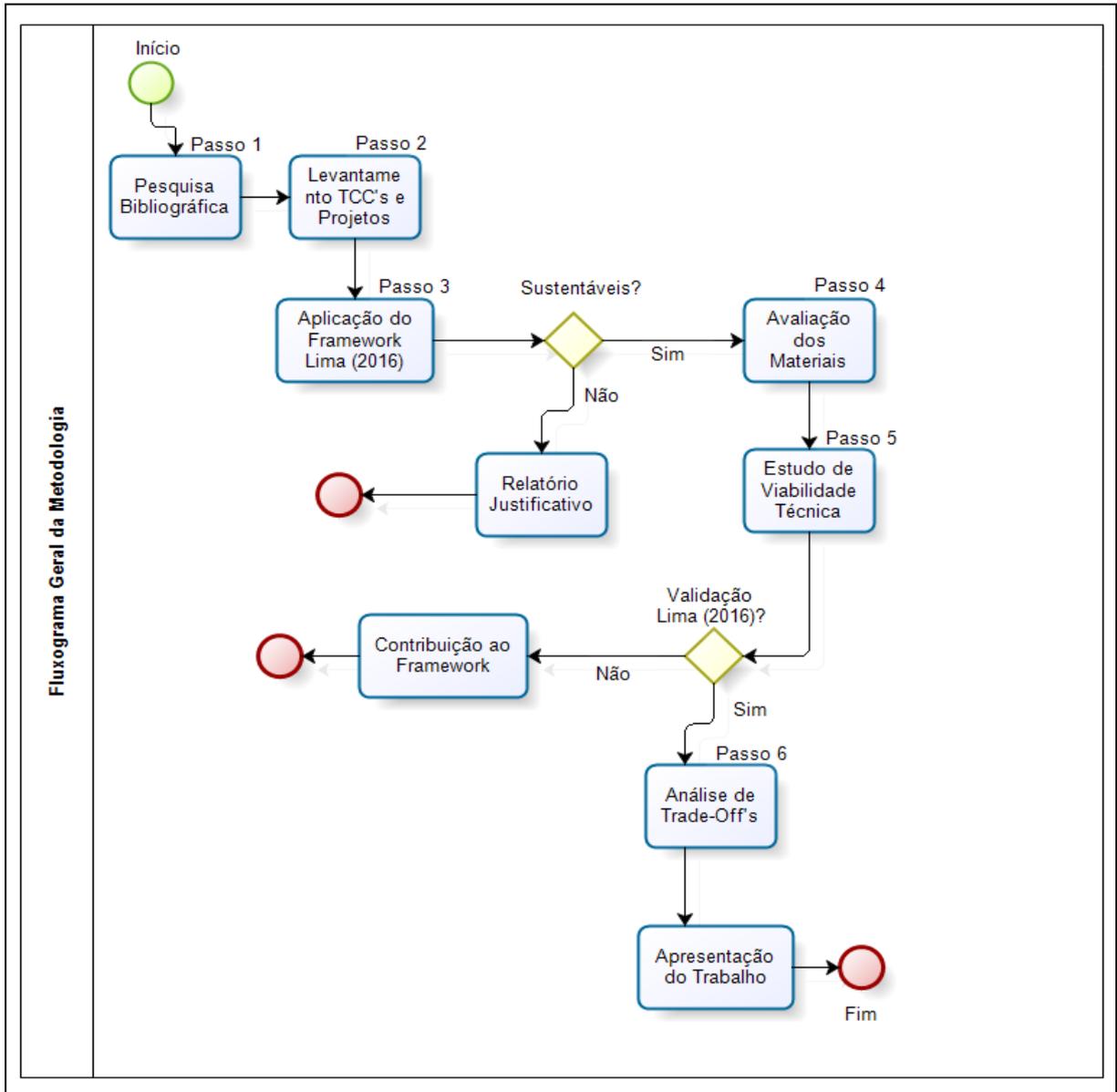
Em seguida foi feito o levantamento dos trabalhos realizados no curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, entre o 1º sem/2014 e o 1º sem/2016, desenvolvendo o *framework* Lima (2016), que se caracteriza como um método para análise e avaliação dos projetos e obras civis, no sentido de avaliar os materiais construtivos, dentro da perspectiva da sustentabilidade da construção verde.

Por conseguinte, foram desenvolvidos estudos de viabilidade técnica, bem como análise de *trade-off's*, ou seja, verificar a relação custo-benefício na perspectiva da sustentabilidade da construção verde. Sendo que, a qualidade e confiabilidade das fontes de consulta dos materiais pesquisados e analisados apresentam-se como uma variável importante

e também relevante para a realização da pesquisa bibliográfica. Desta forma, as etapas de desenvolvimento do presente trabalho são as seguintes:

Nesse contexto de organização geral, o levantamento para a verificação dos resultados, análise e discussão acerca do trabalho em questão foi feito de acordo com o desenho do fluxograma apresentado na figura 1.

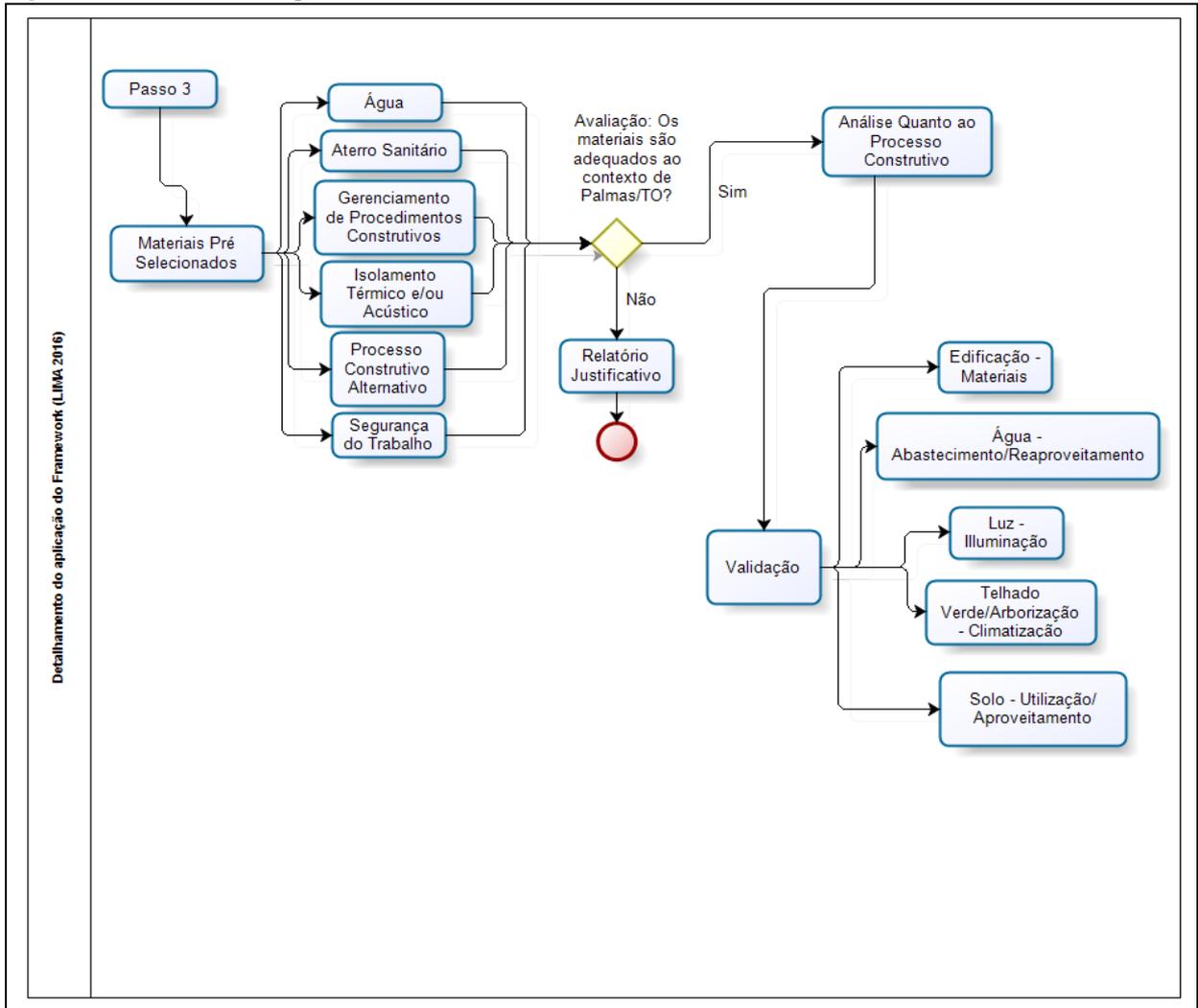
Figura 1: **Fluxograma geral da metodologia.**



Fonte: Autora (2017)

Após a etapa de seleção dos materiais foi feita a avaliação se os materiais são adequados para a construção no contexto de Palmas/TO; em seguida a análise quanto ao processo construtivo e a validação para construção verde, de acordo com os critérios estabelecidos, conforme a figura 2.

Figura 2: Detalhamento do passo 3.



Fonte: Autora (2017)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados advindos do estudo realizado, amostrando e discutindo cada etapa realizada na pesquisa. O processo teve início com o levantamento dos TCC's e a aplicação do *framework* de Lima (2016) na classificação e avaliação de materiais construtivos. Em seguida, foi feita a validação de viabilidade técnica e a análise de *trade off's* para então avaliar a escolha de materiais para a Ecovilla, na perspectiva da construção verde.

### 4.1 Levantamento de TCC's

Após a realização da pesquisa bibliográfica foi feito o levantamento dos Trabalhos de Conclusão de Curso, da área de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, no período do 1º. sem/2014 ao 1º.sem/2016, os quais totalizaram 29 (vinte e nove) trabalhos selecionados, vide Apêndice 1. É importante enfatizar que esses trabalhos foram selecionados a partir do título, leitura do resumo e das palavras-chaves.

Esses trabalhos são inerentes aos anos de 2014 a 2016, sendo selecionados no sentido de atender ao objetivo da pesquisa de desenvolver o *framework* Lima (2016), que se caracteriza como um método para análise e avaliação dos projetos e obras civis, no intuito de avaliar os materiais construtivos, dentro da perspectiva da sustentabilidade da construção verde.

Essa etapa é entendida como importante porque situa o estudo, dando um ponto de partida para o desenvolvimento do estudo de caso, conforme defende as metodologias científicas para os estudos acadêmicos, de acordo com Libâneo (2001, p. 4) o método de pesquisa deve estabelecer uma trilha para se alcançar o objetivo definido e o *framework* de Lima (2016) foi testado nos TCC's anteriores para aferir a sua aplicabilidade antes de usá-lo na Ecovilla.

Como na Engenharia Civil as edificações iniciam com o planejamento e na elaboração do projeto, selecionando métodos e materiais a serem utilizados, sendo de suma importância a escolha e análise desses itens dentro de critérios normatizados e viáveis, (JHON *et al*, 2007).

## 4.2 Aplicação do *Framework* (LIMA, 2016) - Classificação de Materiais

Feito o levantamento dos Trabalhos de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, com sua devida seleção, primou-se pelo o desenvolvimento da classificação dos materiais construtivos empregados nos respectivos trabalhos selecionados, de modo a descrevê-los e classificá-los em sustentáveis ou não, com base na aplicação do *framework* de Lima (2016), obtendo-se os resultados apresentados no Apêndice 2.

Dos trabalhos analisados observou-se que dos 29 selecionados apenas três atendem integralmente à utilização de materiais e/ou processos construtivos sustentáveis (\*\*\*); sendo que 11 contam com materiais e/ou processos construtivos sustentáveis, mas não dispensam a utilização de materiais construtivos convencionais (\*\*); e 15 são relativos a processos e/ou materiais construtivos exclusivamente convencionais (\*), sem a preocupação com a sustentabilidade da construção verde.

Nessa análise, nota-se que o processo acadêmico relativo à Engenharia Civil ainda não tem como prioridade a construção verde, apresentando uma oportunidade de investigação sobre as motivações que permeiam esse fato. Assim, dentre os maiores motivos identificados o mais citado foi a não aderência do setor da construção civil à construção verde, devido o aumento nos custos das edificações, conforme Oliveira (2009) já havia identificado, que no Brasil processos e técnicas sustentáveis desenvolvidas dentro da vertente da economicidade aumentam os custos dos investimentos.

Por conseguinte, Fagundes (2009) dispõe que a ideia da sustentabilidade é uma política universal, mas na prática a questão econômica e social é muito diversa e complexa. Assim, o Brasil tem como desafio a adequação da construção civil, uma das principais atividades industriais brasileiras, aos critérios da sustentabilidade, sem, no entanto, prejudicar os custos envolvidos no processo, bem como a cultura organizacional do setor.

Por outro lado, Marques (2007) afirma que os códigos de obra e os planos diretores das cidades ainda não são pensados para a sustentabilidade e podem atrapalhar projetos sustentáveis. Assim, faz-se necessário modificar as normas de modo a permitir soluções mais sustentáveis na construção civil, até do ponto de vista econômico.

## 4.3 Aplicação do *Framework* Lima (2016): Avaliação dos Materiais

Com os TCC's selecionados, os materiais descritos e classificados na perspectiva da sustentabilidade, com base na aplicação do *framework* de Lima (2016), desenvolveu-se a

avaliação desses materiais, correlacionando três vertentes: a classificação de materiais pré-estabelecida; os materiais selecionados e classificados a partir do levantamento dos TCC's; sua classificação dentro dos modelos/certificações ambientais; e, fazendo por fim a análise da viabilidade de utilização desses materiais na cidade de Palmas/TO, vide quadro 5.

**Quadro 5:** Avaliação dos Materiais.

Materiais Pré-selecionados - Avaliação (LIMA, 2016)	Classificação Materiais Selecionados (14 TCC's)	Correlação Modelos/certificações Ambientais (LIMA, 2016)			Os materiais são adequados ao contexto de Palmas/TO?
		LEED	AQUA	Selo Azul da Caixa	
Água	Água de reuso				SIM
Aterro Sanitário	---				
Gerenciamento de Procedimentos Construtivos	Lâmpadas de descarga Lâmpadas de Led Sistemas self				SIM
Isolamento Térmico e/ou Acústico	EPS Manta térmica Tinta térmica				SIM
Processo Construtivo Alternativo	Papel kraft Pó de borracha				SIM
	Blocos de ISOPET Pérolas de EPS Garrafas PET				SIM
	Sistema light steel framing - LSF Placas OSB Gesso acartonado				SIM
	Bloco ISOPET EPS				SIM
	Alvenaria de vedação de garrafa plástica Cobertura tetrapack Calçada com aditivos com pneus Cobertura com telhado verde Reaproveitamento de pó de serragem				SIM
	Material reciclado de pavimentação				SIM
	EPS reciclado				SIM
	Borracha de pneus Resíduos da CC				SIM
	Resíduos de CC Resíduos de construção e demolição – RCD Pneus como Agregado				SIM
	Borracha de pneu EPS Pneus inservíveis				SIM SIM

Segurança do Trabalho	-				-
-----------------------	---	--	--	--	---

Fonte: Lima (2016) Adaptado pela a Autora (2017)

Nessa etapa, verificou-se que os trabalhos selecionados estão dentro da classificação das áreas de: água (1); gerenciamento de procedimentos construtivos (1); isolamento térmico e/ou acústico (1); e processo construtivo alternativo (11), com ênfase na última área descrita. Dessa forma, entende-se que esse resultado se deu porque a maioria dos projetos que envolvem a construção verde usa materiais e/ou processos renováveis ou reciclados, o que os classificam dentro da abrangência do processo construtivo alternativo (LIMA, 2016).

Dentro da análise da viabilidade de uso desses materiais selecionados e classificados (LIMA, 2016) no contexto de Palmas/TO, observou-se que todos eles são viáveis para construções/edificações dentro do local analisado. Pois são materiais de procedência e comercialização inserida no comércio local, bem como podem ser utilizados com o mínimo de processamento, não apresentando restrições para o seu uso (LIMA, 2016).

Nessa perspectiva, Motta (2009, p. 18) afirma que na avaliação de uso de materiais construtivos em variados contextos deve considerar as características naturais da região, o processo desurbanização, as condições climáticas, o relevo, os recursos hídricos, a cobertura vegetal e o ecossistema. Em análise, a concentração urbana nas grandes metrópoles, a recomendável é não exceder os aportes naturais, a fim de evitar o aumento de taxas de poluição sonora, do ar e da água.

Desse modo, foi analisado que os materiais selecionados e classificados podem ser utilizados em Palmas/TO, estando dentro da viabilidade exposta nessa abordagem, uma vez que possibilita o respeito às características naturais da região, já que se trata de uma cidade planejada, em pleno processo de urbanização.

#### **4.4 Estudo de Viabilidade Técnica: Validação quanto ao Processo Construtivo**

Após a seleção dos TCC's, a descrição e classificação dos materiais e a avaliação desses materiais, de acordo com Lima (2016), bem como a análise da viabilidade de utilização desses materiais no contexto de Palmas/TO, foi feito o estudo da viabilidade técnica desses materiais, de modo a validar os respectivos materiais, dentro da análise do processo construtivo, conforme os critérios estabelecidos por Lima (2016), vide quadro 6.

**Quadro 6:** Validação de Materiais usando LIMA (2016).

VALIDAÇÃO	Materiais Selecionados (14 TCC's)	Da classificação proposta por Lima (2016)	Correlação Modelos/certificações Ambientais		
			LEED	AQUA	Selo Azul CEF
Edificação - Materiais	EPS Manta térmica Tinta térmica Papel kraft Pó de borracha	2-3-4-5-8-14			
	Blocos de ISOPET Pérolas de EPS Garrafas PET	3-4-9-14			
	Sistema light steel framing - LSF Placas OSB Gesso acartonado	3-4-5-7			
	Bloco ISOPET EPS	3-4-14-15			
	Alvenaria de vedação de garrafa plástica Cobertura Tetrapack Calçada com aditivos com pneus	3-4-14-15-16			
	Reaproveitamento de pó de serragem	3-14 -15-16			
	EPS reciclado	3-8-14-15-16			
	Borracha de pneus Resíduos de CC	3-6-14-15			
	Resíduos de CC Resíduos de CD Pneus como agregado	3-6-14-15			
Borracha de pneu EPS Pneus inservíveis	3-6-14-15				
Água – Abastecimento / Reaproveitamento	Água de reuso	3-9-12			
Luz - Iluminação	Lâmpadas de descarga Lâmpadas de Led Sistemas self	3-4-5-7			
Telhado Verde/Arborização - Climatização	Cobertura com telhado verde	3-5-6-9-10-12-16			
Solo – Utilização/Aproveitamento	Material reciclado de pavimentação	3-6-8-14-15			

Fonte: Lima (2016) Adaptado pela Autora (2017).

Os materiais foram validados dentro da perspectiva de Lima (2016): Edificação/Materiais (10); Água – abastecimento/reaproveitamento (1); Luz – Iluminação (1); Telhado Verde/Arborização – climatização (1); e Solo – Utilização/Aproveitamento (1).

Assim, todas as validações apresentaram apenas um trabalho inerente, com exceção da validação Edificação/Materiais que apresentou 10 trabalhos inerentes.

Essa validação qualificou os materiais relativos aos trabalhos selecionados dentro da classificação dos critérios estabelecidos por Lima (2016), usando 13 e excluindo três dos 16 critérios estabelecidos, haja vista entender a inviabilidade de mensuração e/ou aplicação desses três critérios recusados na abordagem do processo construtivo relativo à construção verde.

Assim, essa validação considerou que a construção verde deve apresentar uma contribuição significativa para a diminuição dos impactos ambientais através do uso de tecnologias construtivas mais sustentáveis. Dentro dessa perspectiva se avaliou: materiais feitos com matérias-primas que utilizam menos resíduos, e/ou inclusive os gerados na própria atividade construtiva; a substituição de materiais naturais escassos ou poluentes; e utilização de compostos feitos a partir de elementos naturais, de acordo com o que conceitua Jhon (2002).

#### 4.5 Análise de *Trade-Off's*

Nessa etapa buscou-se analisar os três critérios excluídos da classificação e validação dos materiais com base na aplicação do *framework* de Lima (2016), a apresentados no quadro 2 do referencial teórico, conforme descritos abaixo no quadro 7:

**Quadro 7:** Análise de *Trade-off's*.

CRITÉRIOS (LIMA, 2016)	DESCRIÇÃO (LIMA, 2016)	ANÁLISE
1	É possível fazer uso de mão de obra não qualificada	Não é possível mensurar esse critério devido à realidade de que todo processo construtivo precisa ser orientado, acompanhado e avaliado, assim não pode ser entendido como “mão de obra desqualificada”. Desse modo, deve-se optar pela substituição desse critério para: mão de obra não requer qualificação específica (JHON <i>et al</i> , 2007).
11	A durabilidade independe de manutenção	Toda construção/edificação precisa de manutenção a fim de que alcance a durabilidade necessária, sendo que uma está contida na outra. Assim, esse critério não pode ser atendido, mesmo na construção verde. Dessa forma, deve escolher a substituição desse critério pelo: a durabilidade depende de manutenção (LEITE, 2011).
13	Dispensa materiais adicionais para acabamento	A construção verde caracteriza-se pela utilização de materiais construtivos renováveis e/ou reciclados, estando ligada às práticas construtivas sustentáveis. No entanto, os materiais construtivos convencionais são utilizados nesse processo, mesmo que em menor quantidade e/ou ênfase de dependência. Assim, esse critério não pode ser atendido. Dessa forma, avalia-se a necessidade de escolha pela exclusão desse critério ou sua adequação para: Usa materiais adicionais /convencionais no processo construtivo

		e/ou acabamento (GONÇALVES <i>et al</i> , 2006).
--	--	--

Fonte: Autora (2017)

*Trade-off's* é uma expressão que define uma situação em que há conflito de escolha, ocorrendo quando se abre mão de algum bem ou serviço distinto para se obter outro bem ou serviço distinto. Assim, na análise dos critérios estabelecidos por Lima (2016) no que cabe à construção verde, observou-se que esses três critérios retro mencionados não atendem à necessidade de validação de materiais para a construção verde, conforme dispõe John *et al* (2007).

Com relação ao critério um de Lima (2016), apresentado no quadro 2 do referencial teórico, entende-se que ele é incoerente com base em John *et al* (2007), que afirma que, a mão de obra na construção civil deve ser integralmente orientada, e essa orientação inicia-se com a qualificação. Pois, nenhum colaborador deve entrar no canteiro de obras sem conhecer o contexto, os procedimentos, as funções e as regras de sua atuação, se caracterizando esse processo como uma etapa de qualificação da mão de obra.

Assim, John *et al* (2007) afirma que a qualificação da mão de obra para a construção civil é necessária para propiciar o desenvolvimento de novos conhecimentos, requerendo habilidades adicionais no sentido de favorecer uma compreensão mínima e um entendimento da linguagem pertinente ao universo das construções sustentáveis, sem isso, é impossível sua efetivação.

De igual modo, todo processo necessita de manutenção, pois sua vida útil e salubre depende de ações preventivas e corretivas, assim é a construção civil, sendo que toda edificação deve ter em seu projeto os critérios orientativos de manutenção de sua qualidade e efetividade (JOHN *et al*, 2007).

Dessa forma, o critério onze de Lima (2016) deve ser reformulado, a fim de que a construção verde seja efetivada como processo construtivo qualitativo e efetivo, tanto nos moldes econômicos, quanto sociais. Uma vez que, os projetos devem integrar procedimentos e investimentos de manutenção, superando os limites profissionais tradicionais, com o planejamento cuidadoso, criando-se sinergias capazes tanto de reduzir o custo quanto de melhorar o desempenho das construções sustentáveis, economizando, sobretudo nos custos de infraestrutura e técnicas ativas e passivas (JOHN *et al*, 2007).

Concernente a preferência do uso de materiais convencionais/tradicionais na construção verde, verifica-se que essa ainda é uma realidade. Assim, o critério treze do *framework* de Lima (2016) deve ser excluído ou adequado, no sentido de tornar viável a aplicação dos respectivos critérios, conforme se averigua através de Gonçalves *et al* (2006),

que traz a concepção de que o uso de materiais tradicionais na construção civil sempre será necessário, mesmo que de forma concomitante aos considerados verdes.

Assim, o autor ainda adverte sobre a importância de se atentar para o fato de que os materiais e produtos que se auto intitulam verdes, ecológicos e ambientalmente responsáveis, devem ser sempre questionados, sendo que a melhor forma de saber se ele realmente é verde é por meio da certificação de algum órgão ou entidade responsável por análises de padrões confiáveis, (GONÇALVES *et al*, 2006).

Nesse contexto, propõe-se uma adequação da ficha de avaliação de Lima (2016), no sentido de qualificar a validação dos materiais construtivos voltados para a construção verde, na forma que se segue:

**Quadro 8:** Avaliação de materiais para a construção verde – proposta de qualificação.

ADOBE	CRITÉRIOS		ESCALA DE GRADUAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE CADA CRITÉRIO			PESOS	PONTUAÇÃO
			Prática Negativa	Prática Padrão	Prática Positiva		
Adequabilidade	1	Mão de obra não requer qualificação específica.				1	1
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto				3	3
	3	O material é viável economicamente				2	2
Desempenho	4	O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado				3	3
	5	O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado				3	3
Energia	6	A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas				1	1
	7	Os processos favorecem redução da energia incorporada				2	2
	8	Pode ser utilizado com o mínimo processamento				1	1
	9	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos				4	4
Legalidade	10	Possui certificação ambiental				3	-
Economia de Matérias-primas	11	A durabilidade depende de manutenção				2	-
	12	É renovável				4	-4
	13	Usa materiais convencionais/tradicionais no processo construtivo e/ou acabamento				1	1
	14	Possui elementos reciclados				2	-2
	15	Favorece a baixa geração de resíduos				4	4
	16	Não emite substâncias prejudiciais à saúde				4	4
<b>Pontuação total:</b>							<b>31</b>

Fonte: Lima (2016) Adaptado pela Autora (2017).

#### 4.6 Sugestão de Materiais para a Ecovilla

Considerando que a Ecovilla é um projeto de uma cooperativa habitacional para construção de 20 casas para famílias carentes, participantes do projeto habitacional da Prefeitura de Palmas, e construídas no processo de mutirão, com uso de construção verde, *greenbuilding*, com a ação conjunta de uma rede de colaboração envolvendo esforço voluntário de alunos, NEI, governo, alunos, profissionais liberais e empresas, importa nesse trabalho apresentar uma lista de materiais construtivos sugestivos ao projeto, dentro da perspectiva da construção verde, construída a partir da aplicação do *framework* de Lima (2016), na forma disposta a seguir:

**Quadro 4:**Lista de Materiais sugestivos para a Ecovilla.

VALIDAÇÃO (LIMA, 2016)	Materiais Selecionados	Correlação Modelos/certificações Ambientais(LIMA, 2016)		
		LEED	AQUA	S Azul CEF
Edificação - Materiais	EPS			
	Manta térmica			
	Tinta térmica			
	Papel kraft			
	Pó de borracha			
	Blocos de ISOPET			
	Pérolas de EPS			
	Garrafas PET			
	Sistema light steel framing - LSF			
	Placas OSB			
	Gesso acartonado			
	Alvenaria de vedação de garrafa plástica			
	Cobertura de tetra park			
	Calçada com aditivos com pneus			
	Reaproveitamento de pó de serragem			
	EPS reciclado			
	Borracha de pneus			
	Resíduos de construção civil – RCC			
	Resíduos de construção e demolição – RCD			
Pneus como agregado				
Pneus inservíveis				
Água – Abastecimento / Reaproveitamento	Água de reuso			
Luz – Iluminação	Lâmpadas de descarga			
	Lâmpadas de Led			
	Sistemas self			
Telhado Verde/Arborização e Climatização	Cobertura com telhado verde			
Solo – Utilização/Aproveitamento	Material reciclado de pavimentação			

Fonte: Autora (2017).

Assim, o trabalho elaborado por Lima (2016), serviu de base para o desenvolvimento da presente pesquisa, trazendo a abordagem da necessidade de priorizar os critérios a serem levados em consideração na avaliação de materiais empregados em construções realizadas por mutirões, a partir da aplicação de uma matriz de avaliação de sustentabilidade elaborada.

## 5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado pode-se dizer que cabe à Engenharia Civil: a consecução e qualificação da elaboração projetista; o monitoramento e adequação do processo construtivo; e, privilegiar o desenvolvimento de construções verdes, ou, pelo menos processos construtivos menos onerosos ao meio ambiente. Nesta pesquisa, dos 29 trabalhos revisados e avaliados, apenas três (3) atendem integralmente à utilização de materiais e/ou processos construtivos sustentáveis, sendo que 11 contam com materiais e/ou processos construtivos sustentáveis, mas não dispensam a utilização de materiais construtivos convencionais e 15 são relativos a processos e/ou materiais construtivos exclusivamente convencionais. Ou seja, mais de 50% dos trabalhos não tiveram a preocupação com a sustentabilidade ou a construção verde, denotando assim, pouco foco na adoção de metodologias com práticas voltadas para o âmbito da sustentabilidade requerida pela sociedade contemporânea.

Dessa forma, esse estudo mostrou sua relevância na perspectiva de apresentar a viabilidade de aplicação do *framework* proposto por Lima (2016) para seleção de materiais construtivos direcionados para construção verde, denotando uma proposta significativa de identificação, avaliação e qualificação de materiais construtivos na perspectiva técnica e social da construção verde, caracterizando uma nova proposta de intervenção na construção civil de forma qualitativa e efetiva em meio à importância de modernização de práticas e processos construtivos.

Nesse sentido, a pesquisa ratificou o *framework* proposto por Lima (2016) como uma ferramenta inovadora para aplicação na Engenharia Civil, com algumas adequações aqui propostas: qualificação da ficha de avaliação, dentro da viabilidade da construção sustentável; instituição de um sistema único para embasamento de construções verdes; divulgação em âmbito local da ferramenta de subsídio à construção verde.

A necessidade de modernização técnica da área, bem como a necessidade de implementação viável da responsabilidade social na construção civil contemporânea, destacando que a política de valorização do menor custo não pode governar os projetos de Engenharia Civil, devendo ser considerado também o custo-benefício das construções. Esta reflexão deve refletir na importância de qualificação dos canteiros de obra de edificações com relação ao desperdício, reaproveitamento de resíduos e adoção de práticas da construção verde.

Destarte, o *framework* proposto por Lima (2016) deve ser defendido pelo seu potencial em apoiar a viabilização da construção verde, na perspectiva contextual da Ecovilla, bem

como em demais projetos sustentáveis, contribuindo para informação e colaboração no desenvolvimento de uma cultura construtiva efetivamente melhor, tanto no quesito técnico, quanto social.

As revisões de literatura, acompanhadas do estudo de caso realizado através da pesquisa denotaram afirmações de viabilidade do setor público e privado no desenvolvimento da construção verde, destacando que todas as propostas e ferramentas apresentadas nesse sentido são imprescindíveis para a modernização do campo da Engenharia Civil contemporânea. Assim, o *framework* proposto por Lima (2016) pode ser entendido dentro dessa concepção, uma vez que foi apresentado no presente trabalho como uma ferramenta acessível e viável de análise de materiais construtivos aplicados à construção verde, haja vista propiciar a tomada de decisão eficaz, a análise melhorada, o acesso mais fácil à informação e certificação da construção verde, bem como por fornecer uma solução otimizada para o design e construção sustentável.

Nessa perspectiva, o estudo apresentou o *framework* proposto por Lima (2016) como proposta positiva dentro do contexto de qualificação da construção civil, considerando a realidade contemporânea de escassez de recursos naturais, os desafios de sustentabilidade e reciclagem, bem como a necessidade de dar eficiência aos recursos da construção civil. Fatos esses que motivam o setor da AEC à gestão de instalações e à construção de comunidades para gerir os recursos de forma mais eficiente, uma vez que, políticas, leis e regulamentos em âmbito mundial trazem a exigência do aspecto inovação sustentável, em termos de produtos e processos, para incentivar resultados mais sustentáveis.

Dessa maneira, conforme vislumbrado na pesquisa, é imprescindível que a Engenharia Civil se proponha à abrangência de sua área de conhecimento e atuação, de modo a propiciar projetos voltados para a construção verde, no sentido de cumprir seu papel técnico e social.

Assim, o estudo atendeu aos objetivos propostos, na medida em que apresentou um trabalho desenvolvido por meio de uma metodologia qualitativa, com o desenvolvimento de um estudo de caso, a partir da avaliação de um conjunto de materiais já desenvolvidos em pesquisas anteriores realizadas no curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, apresentando considerações significativas relativas ao tema, e ao final uma lista sugestiva de materiais construtivos para a Ecovilla.

Contudo, devem-se destacar algumas deficiências nas ferramentas que propiciam a construção verde, como o *framework* de Lima (2016), sendo que ainda são propostas embrionárias e seu potencial total não foi explorado pela comunidade respectiva à construção civil. Assim, esses entraves puderam ser notados no estudo, na seguinte perspectiva: esforço

limitado de investigação para as fases da construção civil, como projeto, execução, monitoramento, gestão, desempenho na manutenção e modernização; inexistência de um sistema global, contendo ferramentas de simulação de sustentabilidade ambiental; consideração insuficiente dada à tecnologia de computação aplicada às ferramentas disponíveis para a construção verde.

Diante desses pontos que ainda precisam ser melhorados, como proposta sugestiva a partir da pesquisa realizada, tem-se que faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema único para a monitoramento e gestão da sustentabilidade ambiental aplicada à construção civil, sendo que pesquisas futuras devem ser desenvolvidas nesse aspecto.

Por conseguinte, ainda é válido sugerir que as ferramentas para a construção verde futuras também tenham como base o conceito dos três R's: reduzir, reutilizar e reciclar, em sua análise de sustentabilidade para novos aperfeiçoamentos de projetos, propiciando sistemas integrados que ofereçam uma melhor coerência com os manuais técnicos respectivos à construção civil.

Nesse contexto, faz-se importante registrar que, a presente pesquisa atendeu aos objetivos propostos, servindo de embasamento técnico e teórico sobre a temática, bem como, para a proposição de ações futuras voltadas para a construção verde, contribuindo para a evolução dessa área do conhecimento na Engenharia Civil.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. v. 5. Série Sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2011.

ALVAREZ, C.E. de; SOUZA, A.D.S. (coord.). **ASUS: Avaliação de Sustentabilidade**. 2011. Disponível em: <http://www.lppufes.org/asus/ferramenta.php#>. Acesso em: 23/09/2016.

ARAÚJO, M. R. **A moderna construção sustentável**. 2010. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>. Acesso em: março 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).[s.d.] **Perguntas frequentes**. Disponível em: [http://www.abnt.org.br/m2.asp?cod\\_pagina=963](http://www.abnt.org.br/m2.asp?cod_pagina=963). Acesso em: 23/09/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR 15575: **Edifícios habitacionais – desempenho. Parte1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, ABNT, 71 p. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR 16001: **Responsabilidade social – Sistema da gestão –Requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT, 11 p. 2004.

BRASIL. 1993. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília. 1993.

\_\_\_\_\_. **Instrução Normativa nº 001, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, 2010.

BISSOLI-DALVI, M. **ISMAS – A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais**. Concepcion – Chile: 2014.

BRUNETTI, M.E. **Uma ferramenta educacional para o ensino do design sustentável: um experimento no curso de desenho industrial da PUCPR**. Florianópolis, SC. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 261 p. 2005.

COLLINS, J. & HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. Porto Alegre: Bookman, 2º edição. 2005.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2ª ed., Rio de Janeiro. Editora da Fundação Getúlio Vargas, 226 p.1991.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. Rio de Janeiro, Revan, 308 p. 2003.

CRESWELL, J. W. **Projetos de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2ª edição.2007.

FAGUNDES, C.M.N. **Contribuições para uma arquitetura mais sustentável**. Salvador, BA. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, 253 p. 2009.

FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: o modelo lógico do programa segundo tempo**. Texto para discussão. Rio de Janeiro, IPEA, 47 p.2009.

FLORIM, L. C; QUELHAS, O. L. G. **Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente.** Engevista, Universidade Federal Fluminense – Niterói/RJ, n. 6, 2004. p. 121 – 132. Disponível em: <[http://www.uff.br/engevista/3\\_6Engevista11.pdf](http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista11.pdf)>. Acesso em: março 2017.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA: Escritórios e edifícios escolares.** São Paulo, FCAV, 241 p.2007.

GARÉ, J. C. **Contribuições da Construção Civil Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável.** 164p. Dissertação (Administração), Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul/SP, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 5º ed. 2010.

GONÇALVES, J.C.S.; DUARTE, D.H.S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino.** Ambiente Construído, 6(4):51-81.2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2010.** Rio de Janeiro, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 443 p.2010.

JESUS, V. D. de. **Medidas adotadas em projetos de Edificações que otimizam a Sustentabilidade na construção.** 117p. Projeto de Graduação (Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014.

JOHN, V. M; OLIVEIRA, D. P. de; AGOPYAN, V. **Critérios de sustentabilidade para seleção de materiais e componentes: uma perspectiva de países em desenvolvimento.** Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2006. Disponível em: [http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN\\_AGOPYAN\\_](http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN_AGOPYAN_)

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 113 p. 2000.

JOHN, V.M.; OLIVEIRA, D.P.; LIMA, J.A.R. de. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais – Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável.** São Paulo, FINEP, 58 p. 2007.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A.; FOSSATI, M.; BATISTA, J. O. **Sustentabilidade nas Edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área.** [2008]. 28p. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/.../sustentabilidade\\_nasedificacoes\\_contexto\\_intern..](http://www.labeee.ufsc.br/.../sustentabilidade_nasedificacoes_contexto_intern..)>. Acesso em: março 2017.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa.** São Paulo:Atlas, 7a edição.2010.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2010, 7º ed.

LEITE, V. F. **Certificação Ambiental na Construção Civil – Sistemas LEED e AQUA.** 59p. Monografia (Engenharia Civil), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte/MG, 2011.

LIBÂNIO, João Batista. **Introdução à vida intelectual.** São Paulo: Loyola, 2001.

- LIMA, Ana Lívya Macêdo Arouca de. **Contribuição para construção verde em mutirão: características de materiais construtivos**. 2016. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2016.
- LIMA, F.; ARANHA, E. **O uso dos materiais naturais na arquitetura**. São Paulo, Archidomus, 49 p.2007.
- LIMA, O. F. L. Jr. **Desempenho em Serviços de Transportes: conceitos, métodos e práticas**. Tese(Livre Docência) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP,Campinas - SP. 2016.
- LUCAS, V. S. **Construção Sustentável – Sistema de Avaliação e Certificação**. 2011. 197p. Dissertação (Engenharia Civil), Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciência e Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil. Lisboa/Portugal, 2011.
- MAGALHÃES, M.T.Q. **Metodologia para desenvolvimento de sistemas de indicadores: uma aplicação no planejamento e gestão da política nacional de transportes**. Brasília, DF. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 167 p. 2004.
- MAKOWER, J. **A economia verde: descubra as oportunidades e os desafios de uma nova era dos negócios**. São Paulo: Gente. 2009.
- MARQUES, F.M. **A importância da seleção de materiais de construção para a sustentabilidade ambiental do edifício**. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 148 p.2007.
- MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade na Construção Civil: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos**, 122p. Dissertação (Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Belo Horizonte/MG, 2009.
- NASCIMENTO, Alberto. **Saiba como selecionar materiais para a sua construção. Avaliação ambiental dos materiais deve estar sempre associada ao seu desempenho e vida útil**. 2011. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/301/Saiba-como-selecionar-materiais-para-sua-construcao.aspx>>. Acesso em: março 2017.
- OLIVEIRA, C.N. de. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações**. Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 197 p.2009.
- OLIVEIRA, E. C. M. (2005). **O universo dos Frameworks Java**. Disponível em:<<http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/758/o-universo-dos-frameworks-java.aspx>> Acesso em: março de 2017.
- OTTMAN, J. A. **As novas regras do marketing verde: estratégias, ferramentas e inspiração para o branding sustentável**. São Paulo: M. Books do Brasil. 2012.
- PEREIRA, A. C., SILVA, G. Z., & CARBONARI, M. E. E. **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente**. São Paulo: Saraiva. 2011.
- SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em Arquitetura: referências para projetos**. 2008. 268p. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo – Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola Engenharia de São Carlos, São Carlos/SP, 2008.
- SOUSA, P.; AMADO, M. P. **Construção Sustentável – contributo para a construção de sistema de certificação**. [2012]. 13p. Disponível em:

<[http://docentes.fct.unl.pt/ma/files/artigo\\_pedro\\_sousa\\_cincos\\_v2.pdf](http://docentes.fct.unl.pt/ma/files/artigo_pedro_sousa_cincos_v2.pdf)>. Acesso em: março 2017.

SINAPI. 2012. **Índices da Construção Civil**. Disponível em: [http://www1.caixa.gov.br/gov/gov\\_social/municipal/programa\\_des\\_urbano/SINAPI/](http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/). Acesso em: 23/09/2016.

## APÊNDICES

## APÊNDICE 1

Levantamento de TCC's:

Nº	ANO	AUTOR do TCC	TEMA
1	2014	JADSON PEREIRA SOUSA	A influência da adição do pó de granito obtido no polimento de pedras ornamentais no concreto convencional
2	2014	GUILHERME MOURA DE LIMA	Avaliação da produtividade do serviço de alvenaria de vedação em habitação de interesse social, baseada no SINAPI: estudo de caso no município de Gurupi-TO.
3	2014	ERICA RODRIGUES DE BRITO	Aproveitamento de águas pluviais em Palmas-TO
4	2014	FABIANO FAGUNDES	Estudo acústico comparativo de contra piso de concreto com adições de borracha de pneu, EPS e vermiculita expandida.
5	2014	RAFAEL LOPES BARROS	Estudo da utilização dos pneus inservíveis na engenharia civil buscando medidas mitigadoras ambientais
6	2014	WALLYSON MACHADO XAVIER	Estudo de utilização de material reciclado como agregado: uso em calçada de concreto
7	2014	GISBERTO BACHI NETO	Estudo da aplicação e da viabilidade econômica de tecnologia para melhoramento do conforto térmico em habitações de interesse social.
8	2015	ANTÔNIO DE FÁTIMA MATOS JÚNIOR	Análise estrutural para o emprego de diferentes vinculações pilar-viga em estruturas de concreto armado
9	2015	GABRIEL RODRIGUES SENA PEREIRA	Estudo do retrofit para otimização do consumo de energia elétrica na sede da secretaria da saúde do estado do Tocantins
10	2015	JOÃO RICARDO BOAVENTURA DE SOUZA BOMTEMPO	Avaliação do comportamento do concreto contendo adições de borracha para utilização em blocos Inter travados destinados a calçadas
11	2015	LUCAS VINÍCIUS TEIXEIRA DE SOUSA	Estudo comparativo entre os sistemas construtivos de solo-cimento auto portante e concreto reticulado com alvenaria cerâmica para uma residência unifamiliar padrão médio
12	2015	RODOLFO PEDROSO COSTA	Estudo da influência da adição do lodo proveniente da estação de tratamento de água de palmas na resistência a compressão axial do concreto convencional
13	2015	BEATRIZ CORREA XAVIER	Avaliação do concreto leve estrutural com EPS reciclado
14	2015	HENRIQUE BARBOSA DIAS	Procedimento de execução e qualidade nos painéis de vedação em alvenaria cerâmica: estudo de caso
15	2015	JOEL ALVES MIELE	Análise dos parâmetros de qualidade da água em reservatórios inferiores de condomínios residenciais no município de Palmas – TO
16	2015	LAWRENCE BERTOLUCCI RODRIGUES DE AZEVEDO LIMA	Avaliação da resistência do concreto com a substituição parcial da areia de rio por areia artificial - método de dosagem ACI/ABCP
17	2015	FERNANDO RIBEIRO DA SILVA JÚNIOR	Estudo das características da base de um pavimento restaurado por meio da técnica de reciclagem da base e revestimento existente, na rodovia br-153, km 299 ao Km 412
18	2015	TÁBITA DE HOLANDA MARTINS	Avaliação do desempenho de sistemas anaeróbio seguidos de filtros de areia autolaváveis
19	2015	DIÓGENES MENESES GREGÓRIO	Relação comparativa entre revestimento rígida e flexível quanto a sua viabilidade técnica e econômica.

20	2016	MARIANA DOS ANJOS XAVIER	Avaliação dos materiais alternativos para construção verde de baixa renda: um estudo de embalagens TETRA PAK e garrafas pet.
21	2016	RICARDO FAGUNDES VALADARES	Estudo da utilização de argamassa autonivelante para a execução de contrapiso em construção vertical
22	2016	RENATO LUIZ RAMA	Avaliação da influência da adição de resíduo do porcelanato nas propriedades físicas do concreto do grupo II(c55 a c90) inseridos na atualização da NBR 6118/2014
23	2016	DARLYEL DE SOUSA ALMEIDA	Sistema construtivo ISOPET: estudo para utilização em habitação do MCMV
24	2016	FRANCISCO DAS C. JANAYLSON MENDES ROCHA	Análise da viabilidade econômica do uso do sistema <i>steel frame</i> (LSF) como método construtivo de uma habitação residencial, em Palmas – TO
25	2016	NELSON ANTONIO SANTOS DIAS	Avaliação da influência da adição de resíduo do porcelanato nas propriedades físicas do concreto do grupo I (c20 a c50) inseridos na atualização da NBR 6118/2014
26	2016	DAVI FONSECA BORGES	Estudo da interação solo-estrutura de um edifício de múltiplos pavimentos sobre fundações do tipo sapata
27	2016	SIMONE VEZARO	SISTEMA CONSTRUTIVO ISOPET: estudo das propriedades mecânicas e térmicas
28	2016	PABLO GELAIN	Estudo comparativo de argamassas de assentamento, com a utilização de papel <i>kraft</i> e pó de borracha.
29	2016	MARCELO PEREIRA DA SILVA	Análise estrutural de um pórtico hiperestático considerando variações de temperaturas na cidade de Palmas/TO

Fonte: Autora (2017)

## APÊNDICE 2

### Classificação de Materiais:

Nº	ANO	AUTOR/TCC	TEMA	MATERIAIS /DESCRIÇÃO	SUSTENTÁVEIS?
1	2014	JADSON PEREIRA SOUSA	A influência da adição do pó de granito obtido no polimento de pedras ornamentais no concreto convencional	Cimento Areia Pó de granito	<b>NÃO (*)</b>
2	2014	GUILHERME MOURA DE LIMA	Avaliação da produtividade do serviço de alvenaria de vedação em habitação de interesse social, baseada no SINAPI: estudo de caso no município de Gurupi-TO	Alvenaria de tijolo Cimento Argamassa Areia Cal hidratada	<b>NÃO (*)</b>
3	2014	ERICA RODRIGUES DE BRITO	Aproveitamento de águas pluviais em Palmas-TO	Água de reuso	<b>SIM (***)</b>
4	2014	FABIANO FAGUNDES	Estudo acústico comparativo de contra piso de concreto com adições de borracha de pneu, EPSe vermiculita expandida	Cimento Borracha de pneu EPS Vermiculita expandida	<b>SIM / NÃO (**)</b>
5	2014	RAFAEL LOPES BARROS	Estudo da utilização dos pneus inservíveis na engenharia civil buscando medidas mitigadoras ambientais	Pneus inservíveis Areia Brita Cimento	<b>SIM / NÃO (**)</b>
6	2014	WALLYSON MACHADO XAVIER	Estudo de utilização de material reciclado como agregado: uso em calçada de concreto	Resíduos de construção civil – RCC Resíduos de construção e demolição – RCD Pneus como agregado Cimento	<b>SIM / NÃO (**)</b>
7	2014	GISBERTO BACHI NETO	Estudo da aplicação e da viabilidade econômica de tecnologia para melhoramento do conforto térmico em habitações de interesse social	Telhas cerâmicas Tijolos e blocos cerâmicos Blocos de concreto Placas para laje e bloco para vedação Cimento EPS Manta térmica Tinta térmica	<b>SIM / NÃO (**)</b>
8	2015	ANTÔNIO DE FÁTIMA MATOS JÚNIOR	Análise estrutural para o emprego de diferentes vinculações pilar-viga em estruturas de concreto armado	Cimento/concreto Treliças	<b>NÃO (*)</b>
9	2015	GABRIEL RODRIGUES SENA PEREIRA	Estudo do retrofit para otimização do consumo de energia elétrica na sede da secretaria da saúde do estado do Tocantins	Lâmpadas incandescentes Lâmpadas de descarga Lâmpadas de Led Sistema de ar	<b>SIM / NÃO (**)</b>

				condicionado central Sistemas split Sistemas self Elementos componentes de instalação elétrica	
10	2015	JOÃO RICARDO BOAVENTUR A DE SOUZA BOMTEMPO	Avaliação do comportamento do concreto contendo adições de borracha para utilização em blocos Inter travados destinados a calçadas	Cimento / concreto Blocos pré-moldados Borracha de pneus Resíduos de construção - RCC	<b>SIM / NÃO (**)</b>
11	2015	LUCAS VINÍCIUS TEIXEIRA DE SOUSA	Estudo comparativo entre os sistemas construtivos de solo-cimento autoportante e concreto reticulado com alvenaria cerâmica para uma residência unifamiliar padrão médio	Cimento/concreto Alvenaria cerâmica Madeira Telha cerâmica Telha plan Azulejo Verniz	<b>NÃO (*)</b>
12	2015	RODOLFO PEDROSO COSTA	Estudo da influência da adição do lodo proveniente da estação de tratamento de água de palmas na resistência a compressão axial do concreto convencional	Areia Brita Lodo	<b>NÃO (*)</b>
13	2015	BEATRIZ CORREA XAVIER	Avaliação do concreto leve estrutural com EPS reciclado	Cimento Areia Brita Sílica ativa Aditivo superplastificante EPS reciclado	<b>SIM / NÃO (**)</b>
14	2015	HENRIQUE BARBOSA DIAS	Procedimento de execução e qualidade nos painéis de vedação em alvenaria cerâmica: estudo de caso	Alvenaria cerâmica Ferro cabelo Tela metálica Cimento Agregado miúdo Argamassa	<b>NÃO (*)</b>
15	2015	JOEL ALVES MIELE	Análise dos parâmetros de qualidade da água em reservatórios inferiores de condomínios residenciais no município de Palmas – TO	Água	<b>NÃO (*)</b>
16	2015	LAWRENCE BERTOLUCCI RODRIGUES DE AZEVEDO LIMA	Avaliação da resistência do concreto com a substituição parcial da areia de rio por areia artificial - método de dosagem ACI/ABCP	Areia natural Areia artificial Brita Cimento	<b>NÃO (*)</b>
17	2015	FERNANDO RIBEIRO DA SILVA JÚNIOR	Estudo das características da base de um pavimento restaurado por meio da técnica de reciclagem da base e revestimento existente, na rodovia BR-153, Km299 aoKm412	Cimento Brita Material reciclado de pavimentação	<b>SIM / NÃO (**)</b>
18	2015	TÁBITA DE HOLANDA MARTINS	Avaliação do desempenho de sistemas anaeróbio seguidos de filtros de areia autolaváveis	Filtros de areia	<b>NÃO (*)</b>
19	2015	DIÓGENES	Relação comparativa entre	Concreto	<b>NÃO (*)</b>

		MENESES GREGÓRIO	revestimento rígida e flexível quanto a sua viabilidade técnica e econômica	betuminoso usinado a quente – CBUQ Revestimento rígido Revestimento de concreto	
20	2016	MARIANA DOS ANJOS XAVIER	Avaliação dos materiais alternativos para construção verde de baixa renda: um estudo de embalagens Tetra Pack e garrafas pet.	Alvenaria de vedação de garrafa plástica Cobertura de tetra park Calçada com aditivos com pneus Cobertura com telhado verde Reaproveitamento de pó de serragem	<b>SIM (***)</b>
21	2016	RICARDO FAGUNDES VALADARES	Estudo da utilização de argamassa autonivelante para a execução de contrapiso em construção vertical	Argamassa Cimento	<b>NÃO (*)</b>
22	2016	RENATO LUIZ RAMA	Avaliação da influência da adição de resíduo do porcelanato nas propriedades físicas do concreto do grupo II (c55 a c90) inseridos na atualização da NBR 6118:2014	Porcelanato Brita de porcelanato Brita natural Aditivo hiperplastificante Cimento Sílica ativa Areia comum	<b>NÃO (*)</b>
23	2016	DARLYEL DE SOUSA ALMEIDA	Sistema construtivo ISOPET: estudo para utilização em habitação do MCMV	Bloco cerâmico Bloco ISOPET Cimento EPS	<b>SIM / NÃO (**)</b>
24	2016	FRANCISCO DAS C. JANAYLSON MENDES ROCHA	Análise da viabilidade econômica do uso do sistema Steel frame (LSF) como método construtivo de uma habitação residencial, em Palmas – TO	Sistema light steel framing - LSF Placas OSB Gesso acartonado	<b>SIM (***)</b>
25	2016	NELSON ANTONIO SANTOS DIAS	Avaliação da influência da adição de resíduo do porcelanato nas propriedades físicas do concreto do grupo I (c20 a c50) inseridos na atualização da NBR 6118:2014	Porcelanato Cimento Areia Brita	<b>NÃO (*)</b>
26	2016	DAVI FONSECA BORGES	Estudo da interação solo-estrutura de um edifício de múltiplos pavimentos sobre fundações do tipo sapata	Cimento Treliças Lajes Vigas Pilares Blocos Sapatas	<b>NÃO (*)</b>
27	2016	SIMONE VEZARO	Sistema construtivo ISOPET: estudo das propriedades mecânicas e térmicas	Blocos de concreto Blocos cerâmicos Blocos de ISOPET Pérolas de EPS Garrafas PET	<b>SIM / NÃO (**)</b>

28	2016	PABLO GELAIN	Estudo comparativo de argamassas de assentamento, com a utilização de papel kraft e pó de borracha.	Cimento Areia Argamassa Cal Papel kraft Pó de borracha	<b>SIM / NÃO</b> (**)
29	2016	MARCELO PEREIRA DA SILVA	Análise estrutural de um pórtico hiperestático considerando variações de temperaturas na cidade de Palmas/TO	Cimento / concreto Pórtico plano Pilares Vigas	<b>NÃO</b> (*)

**Legenda:** (\*) Não sustentáveis; (\*\*) Sustentáveis+convencionais; (\*\*\*) Sustentáveis  
Fonte: Autora (2017)