



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

ANA LÍVIA MACÊDO AROUCA DE LIMA

**Contribuição para construção verde em mutirão: características de
materiais construtivos**

Palmas - TO
2016

Ana Livia Macêdo Arouca de Lima

Contribuição para construção verde em mutirão: características de materiais
construtivos

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil II pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. M. Sc Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira.

Contribuição para construção verde em mutirão: características de materiais
construtivos

Ana Livia Macêdo Arouca de Lima

Monografia elaborada e apresentada como
requisito parcial para aprovação na disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso em
Engenharia Civil II pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. M. Sc Maria Carolina de
Paula Estevam D'Oliveira.

Aprovada em 01 / 06 / 2016.

BANCA EXAMINADORA



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



Prof. Dr.ª Ângela Ruriko Sakamoto
Centro Universitário Luterano de Palmas



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

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família, pelo amor, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, também conhecidos como meus heróis ou como a minha vida, pelo incentivo incondicional nesses 22 anos, significando a razão de tudo.

Aos meus avós, por me darem o amor mais puro.

Aos meus irmãos, que sempre estiveram comigo e me ensinaram o quão grandioso é o significado desse vínculo.

À minha orientadora, não só por esse último ano de orientação, atenção, e ensinamentos, mas também por ser uma das minhas principais referências de Professora e Engenheira Civil desde a primeira disciplina que cursei ministrada por ela no segundo período da graduação.

À professora Ângela Ruriko Sakamoto, que tive a honra de conhecer durante essa etapa, pelas contribuições extremamente importantes para a concretização desse trabalho, sempre com muita atenção e paciência.

Às amizades feitas na Ulbra, aos amigos ganhados em Palmas, e aos vários outros que moram distante, mas que ainda assim sempre se fizeram presentes.

E à Deus, por ter colocado as melhores pessoas em meu caminho e por ter me dado saúde para seguir em frente.

RESUMO

LIMA, Ana Lívia Macêdo Arouca. **Contribuição para construção verde em mutirão: características de materiais construtivos**. 2016. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano - Palmas - Palmas- To, Palmas, 2016.

No Brasil é extremamente significativo o déficit habitacional. Em contrapartida os problemas ambientais estão cada vez mais se intensificando, e muitos materiais derivados da construção civil são fatores prejudiciais ao meio ambiente. Por outro lado, há uma variedade muito ampla de critérios de sustentabilidade para a classificação de materiais na bibliografia, e não tem como algum material se encaixar de forma satisfatória em todos eles. Logo, há necessidade de priorizar os critérios a serem levados em consideração. Sendo assim, o estudo aqui representado, busca avaliar materiais já empregados em construções realizadas por mutirões a partir da aplicação de uma matriz de avaliação de sustentabilidade elaborada. A pesquisa, portanto, de âmbito puramente bibliográfico, consiste em primeiramente identificar materiais utilizados na construção já finalizada de residenciais em regime de mutirão. Após isso, foram pontuadas as vantagens e desvantagens desses materiais. Concluída essa fase, foi possível aplicar tais materiais na matriz de avaliação de sustentabilidade.

PALAVRAS CHAVES: Materiais; mutirão; construção verde; critérios de sustentabilidade;

ABSTRACT

Lima, Ana Livia Macêdo Arouca. **Contribution for green building through taskforce: characteristics of constructive materials.** 2016. 123 pages, Major Project (Graduation) – Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas – TO, Palmas, 2016.

In Brazil, the habitational deficit is extremely significant. In consequence, the environmental problems are intensifying and the civil construction materials are directly related to the big environmental impacts. By the other hand, there is an ample variety of sustainable requisites for classifying those materials on the bibliography, and there is no way adapting every material to all of them satisfactorily. Therefore, there is a necessity of prioritizing the criteria of items in order of importance. In order to that, the project presented has the objective of evaluating the materials applied in finished constructions, produced by task-force from an application of an elaborated matrix of sustainable evaluation. The research, consequently, has a pure bibliographic view, consisting primarily in identifying materials utilised in residential buildings of task-force regime, and its respective advantages and disadvantages. In posterity, it became possible to apply such materials in the matrix of sustainable evaluation and arrive at its respective conclusions.

KEY WORDS: Materials; task-force; green building; sustainable criteria.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - ADOBE	34
Quadro 2 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - <i>STEEL FRAME</i>	38
Quadro 3 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - SOLO CIMENTO	41
Quadro 4 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - <i>WOOD FRAME</i>	43
Quadro 5 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO	44
Quadro 6 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - TELHAS CERÂMICAS	46
Quadro 7 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - ALUMÍNIO	52
Quadro 8 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - MADEIRA	53
Quadro 9 - Materiais do ISMAS	57
Quadro 10 - Categorias, critérios e classificação (Selo azul caixa)	64
Quadro 11 - Número de repetições dos critérios de BISSOLI - DALVI (2014) que antecederam a finalização do ISMAS em relação aos outros três estudos	74
Quadro 12 - Adequabilidade	76
Quadro 13 - Critério 1	76
Quadro 14 - Critério 2	76
Quadro 15 - Critério 5	77
Quadro 16 - Desempenho	77
Quadro 17 - Critério 7	77
Quadro 18 - Critério 9	78
Quadro 19 - Energia	78
Quadro 20 - Critério 10	79
Quadro 21 - Critério 11	79
Quadro 22 - Critério 12	79
Quadro 23 - Critério 13	80
Quadro 24 - Legalidade	80
Quadro 25 - Critério 21	80
Quadro 26 - I. Economia de matérias – primas	81
Quadro 27 - Critério 22	81
Quadro 28 - Critério 24	81
Quadro 29 - Critério 25	82
Quadro 30 - Critério 26	82
Quadro 31 - Geração e gestão de resíduos	83
Quadro 32 - Critério 28	83
Quadro 33 - Emissões	83
Quadro 34 - Critério 30	83
Quadro 35 - Critérios resultantes	84
Quadro 36 - Síntese das três certificações utilizadas	85
Quadro 37 - Relação dos 16 critérios pré-selecionados com as respectivas certificações	85
Quadro 38 - Peso de cada critério	86
Quadro 39 - Ficha de avaliação – Adobe	87
Quadro 40 - Ficha de avaliação - <i>Steel frame</i>	89
Quadro 41 - Ficha de avaliação - Blocos Estruturais de Concreto	91
Quadro 42 - Ficha de avaliação - <i>Wood frame</i>	95
Quadro 43 - Ficha de avaliação - Ferro	99
Quadro 44 - Ficha de avaliação - Madeira	101
Quadro 45 - Ficha de avaliação - Telha cerâmica	104
Quadro 46 - Ficha de avaliação - Telha de fibrocimento	106
Quadro 47 - Ficha de avaliação - Telhado verde	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa 1.0 em Palmas	21
Figura 2 - Conjunto Bananal B	22
Figura 3 - Mutirão com adobe.....	22
Figura 4 - Mutirão para construção com <i>steel frame</i>	23
Figura 5 - Mutirão para construção de residências com solo cimento	24
Figura 6 - Conjunto de <i>wood frame</i> construído em mutirão	24
Figura 7 - Casa construída em mutirão com telhado verde.....	25
Figura 8 - Diretrizes gerais para edificações sustentáveis quanto aos materiais de construção	26
Figura 9 - Distribuição de custos de uma obra por etapas	30
Figura 10 - Etapas da construção de casa popular com tijolos de adobe na Zona Rural de Itapeva – SP	31
Figura 11 - Fluxograma do processo de produção de tijolos de adobe.....	33
Figura 12 - Partes do sistema <i>wood frame</i>	42
Figura 13 - Ciclo de vida dos produtos cerâmicos.....	45
Figura 14 - Projeto das esquadrias e influência ambiental.....	49
Figura 15 - Relações propostas para o recorte dos critérios.....	56
Figura 16 - Conjunto de possibilidade de critérios para a criação do ISMAS.....	56
Figura 17 - Itens que entrou para o ISMAS	57
Figura 18 - Escala de graduação para a avaliação de cada critério no ISMAS	58
Figura 19 - Escala do índice de sustentabilidade e sua respectiva classificação do ISMAS.....	58
Figura 20 - Critérios para pré avaliação de sustentabilidade de materiais.....	59
Figura 21 - Critérios que o LEED engloba.....	62
Figura 22 - Critérios relacionados a materiais	62
Figura 23 - Categorias para certificado de sustentabilidade do AQUA	63
Figura 24 - Ciclo de vida dos materiais	68
Figura 25 - Recorte para elaboração da ficha de avaliação	73
Figura 26 – Índice de Sustentabilidade Adobe	88
Figura 27 - Índice de sustentabilidade - Blocos estruturais de concreto	92
Figura 28 - Ficha de avaliação - Solo cimento	93
Figura 29 - Índice de sustentabilidade - Solo cimento.....	94
Figura 30 - Índice de Sustentabilidade - <i>Wood frame</i>	96
Figura 31 - Ficha de avaliação – Alumínio	97
Figura 32 - Índice de sustentabilidade - Madeira.....	102
Figura 33 - Classificação níveis de sustentabilidade.....	103
Figura 34 - Índice de sustentabilidade – Telha Cerâmica	105
Figura 35 - Índice de sustentabilidade do telhado verde	109

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema.....	13
1.2 Hipóteses	13
1.3 Objetivo Geral.....	13
1.4 Objetivos Específicos	14
1.5 Justificativa	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Significado de sustentabilidade	16
2.2 Sustentabilidade na construção civil	17
2.3 Construções em mutirão	19
2.3.1 Casa 1.0 em Palmas	20
2.3.2 Conjunto Bananal B – Guarulhos.....	21
2.3.4 Casa de adobe – zona rural de São Paulo.....	22
2.3.5 CDHU - Itaim Paulista	23
2.3.6 Residencial Campo Alegre – Uberlândia.....	23
2.3.7 Conjunto habitacional no bairro Pedra 90, Cuiabá/MT.....	24
2.3.8 Telhado verde.....	24
2.4 Materiais Construtivos	25
2.4.1 Estrutura	27
2.4.2 Cobertura.....	44
2.4.3 Esquadrias.....	48
2.5 Priorização de critérios para avaliação de sustentabilidade comparativa de materiais	54
2.5.1 ISMAS	55
2.5.2 Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais.....	58
2.5.3 Considerações para a sustentabilidade na construção civil.....	59
2.5.4 Habitação 1.0	60
2.6 Critérios de avaliação de sustentabilidade de certificações ambientais oficiais	61
2.6.1 LEED	61
2.6.2 AQUA	63
2.6.3 Selo Casa Azul	63
3 METODOLOGIA	66
3.1 Tipos de pesquisa	66
3.2 Desenho de estudo	66
3.3 Procedimentos de campo	68
3.3.1 Estudo Bibliográfico.....	68
3.4 Caracterização dos parâmetros	69
3.5 Caracterização dos critérios de avaliação	70
4 ANÁLISE	70
4.1 Elaboração da matriz de avaliação	70
4.1.2 Relações do primeiro passo realizado da matriz de avaliação com os	

modelos e certificações ambientais levantados em consideração no referencial teórico.....	85
5 RESULTADOS	87
5.1 Estrutura	87
5.2 Esquadrias	97
5.3 Cobertura	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

1 INTRODUÇÃO

Levando em consideração a intensificação da crise ambiental, quando se pensa em reduzir a problemática que envolve o déficit habitacional no Brasil, é necessário que se execute tais projetos de forma sustentável, de tal maneira que a solução de um problema não seja o agravamento de outro. Nesse contexto surgem as construções verdes, que são obras que visam justamente fazer uso de materiais e técnicas que minimizem de forma direta e indireta os impactos ambientais.

Segundo John (2014) o fato mencionado anteriormente é justificável devido ao amplo reconhecimento de que a construção civil utiliza mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta. Desse modo, é necessário identificar os materiais que contribuam da melhor maneira para maximizar a qualidade de vida de um grupo de famílias de baixa renda através da construção de casas verdes em mutirão, se baseando, portanto, no tripé da sustentabilidade: social, ambiental e econômico.

Silva e Silva (2011) ressaltam de forma sintetizada a influência da escolha dos materiais na obtenção de uma construção sustentável ao afirmar que os mesmos a serem utilizados devem ser de locais próximos, e fabricados para serem utilizados até o fim de suas respectivas vidas úteis. Os materiais devem ser recicláveis, reutilizáveis, e de preferência não compostos por substâncias tóxicas ou nocivas em sua decomposição. Ou seja, são preferíveis, na perspectiva do autor, materiais de origens naturais, mas que sejam renováveis, podendo dessa maneira serem utilizados e mantidos para o uso das próximas gerações. Assim sendo, em meio a uma série de opiniões que muitas vezes se divergem, quando se trata do assunto sustentabilidade na construção civil, uma dificuldade bastante comum é quais dos critérios priorizar para se ter uma construção mais sustentável. Esse ponto fraco é justificável visto que há um grupo grande de possíveis categorias a serem seguidas para determinado material ser considerado sustentável ou não, e é impossível que um material contemple todos esses requisitos. Além disso, é essencial levar em consideração o fato de que a sustentabilidade dos materiais depende do contexto no qual estão inseridos. Por esse motivo, surge a necessidade mencionada anteriormente de priorizar certos critérios na respectiva escolha.

Existem uma série de estudos que mencionam essa priorização de critérios, e cada um deles aborda de uma maneira diferente os mesmos de acordo com o pilar da sustentabilidade que desejam priorizar.

1.1 Problema

Quando se pensa em sustentabilidade na construção civil, a primeira grande peça chave é a sustentabilidade dos materiais que irão compor tal edificação. Há no acervo bibliográfico existente sobre o tema uma lista bastante ampla de critérios a serem considerados para classificar um material como sustentável ou não.

Dessa forma, obviamente, é impossível que um material se enquadre de maneira integral em todas as categorias, que por sua vez, também variam de acordo com as perspectivas dos autores pesquisados.

Nesse contexto, surge a problemática da pesquisa aqui abordada: quais dos materiais - dentro daqueles identificados no referencial teórico que foram utilizados para construções em mutirão – se encaixam melhor nos critérios da ficha de avaliação de sustentabilidade elaborada na presente pesquisa?

1.2 Hipóteses

Três hipóteses iniciais foram estabelecidas para nortear este trabalho, listadas a seguir:

H1: Um dos fatores essenciais que determinam a sustentabilidade de um material é o contexto no qual ele está inserido.

H2: Há diferenças consideráveis entre a priorização de critérios para a seleção do índice de sustentabilidade de materiais na bibliografia que abrange o tema.

H3: A realidade de casas construídas em mutirão no Brasil não é predominantemente sustentável.

1.3 Objetivo Geral

Identificar quais dos materiais - dentro daqueles identificados no referencial teórico que foram utilizados para construções em mutirão – se encaixam melhor nos critérios da ficha de avaliação de sustentabilidade elaborada na presente pesquisa.

1.4 Objetivos Específicos

- Prover parâmetros para seleção dos materiais a serem utilizados no contexto de habitações verdes, elaborando, portanto, uma ficha de avaliação de sustentabilidade.
- Identificar as vantagens e desvantagens dos materiais utilizados em casas construídas em mutirão apontadas no referencial teórico.
- Aplicar o instrumento de avaliação de sustentabilidade elaborado nos principais materiais das casas construídas em mutirão apontadas no referencial teórico.

1.5 Justificativa

O intenso processo de urbanização caracterizado em grande escala por falta de planejamento ou até mesmo falha na coerência entre projetos e a execução dos mesmos, evidencia ainda mais a desigualdade social histórica.

Em contrapartida, a Construção Civil, responsável pela efetivação dessa expansão, gera grandes impactos ao meio ambiente devido principalmente ao consumo excessivo de recursos naturais e a geração de resíduos. A conscientização em relação a limitação desses recursos naturais e a degradação ambiental, vem dando espaço para a elaboração de estudos que visem trabalhar a solução do déficit habitacional de milhões de brasileiros, de tal forma que o direito à moradia, previsto em Constituição Federal, tenha como alicerce a busca do equilíbrio entre a melhoria de qualidade de vida da população e a boa administração do capital natural.

Nesse contexto, aparecem as construções verdes, que objetivam justamente realizar a sinergia entre os três fatores básicos de desenvolvimento: social, ambiental e econômico, representando, portanto, extrema relevância a sociedade em geral e a Engenharia Civil.

Assim sendo, a importância do estudo que aqui será realizado é consolidada de forma mais específica no fato de que a escolha dos materiais a serem utilizados em casas verdes é peça fundamental na maximização da

sustentabilidade nessas obras, que no contexto em específico, por sua vez, é voltado para mutirões.

Entretanto, em meio há tantas correntes teóricas que se divergem e priorizam critérios de sustentabilidade na escolha de materiais diferentes uma das outras, surge a grande dúvida acerca de qual o conjunto de critérios de sustentabilidade se deve considerar de fato na hora da escolha de tais materiais. A importância desse trabalho, a nível acadêmico, se baseia, portanto, na criação da ficha de avaliação para priorização de tais critérios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Significado de sustentabilidade

Segundo Arantes (2008) o conceito de Sustentabilidade veio a ser interpretado como um novo paradigma global, somente após o término e a posterior publicação do relatório final da Comissão de Brundtland, encomendado pela Organização das Nações Unidas em 1987, e, paralelamente nos trabalhos preparatórios, para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, denominada de ECO-92. Dessa forma, a definição de desenvolvimento sustentável abordada pela Comissão de Brundtland no ano de 1987 foi rapidamente divulgada, visando assegurar que o desenvolvimento econômico e social se processasse de modo ambientalmente sustentável.

Para Baldessar (2012, p. 27):

A divulgação ao mundo dos princípios do desenvolvimento sustentável recebeu importante auxílio da Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, em 1992, onde, através dos representantes das nações, foram assinados três importantes documentos: a Declaração do Rio, a Declaração de Princípios para a Administração Sustentável das Florestas e a Agenda 21.

Baumgarten (2014) também afirma que o contexto mundial gerado a partir do último terço do século passado levou a um consenso relativo, entre os defensores do desenvolvimento capitalista e seus críticos, no que se diz respeito à urgência da adoção de estratégias sustentáveis em suas três esferas: econômica social e ambiental. A mesma autora dá continuidade colocando ênfase no fato de que foi no século XXI que o conceito de sustentabilidade tomou proporções grandiosas, já que segundo ela por tratar – se de um século marcado desde seu início pelas maiores exigências de competitividade para manter a acumulação e utilização intensiva de capital intelectual na produção de bens e serviços, a análise das relações entre desenvolvimento (tanto econômico como social) e produção e usos de conhecimentos científicos e tecnológicos tornou - se estratégica, sendo que o mesmo ocorreu com a noção de sustentabilidade.

Diniz e Bermann (2012) ressaltam uma questão essencial que é influenciada pelo aparecimento desse novo conceito: a problemática da igualdade entre gerações. Para eles, tendo como alicerce a sustentabilidade,

essa palavra significa que cada geração deve ter o mesmo bem-estar, ou em outras palavras, a mesma igualdade de oportunidades, que as demais. Sendo que ainda segundo esses autores, no âmbito ambiental, isso quer dizer que não deve haver uma deterioração que limite uma geração de alcançar o mesmo bem-estar que uma geração anterior. Ou seja, a sustentabilidade surge como uma forma de evitar o aumento da desigualdade entre gerações, sendo que isso significa que é necessário ter critérios que norteiem o uso racional dos recursos naturais de modo sustentável.

De acordo com Diniz e Bermann (2012, p.324):

O desenvolvimento sustentável é uma evolução em relação à antiga ideia de desenvolvimento ao incorporar a necessidade de uma igualdade entre gerações. Essa eliminação da desigualdade entre gerações é um pouco mais ampla que a redução da desigualdade de renda que normalmente é vista em noticiários, debates e textos acadêmicos.

Dessa forma, em um nível mais específico, esse modelo de desenvolvimento sustentável requer o desenvolvimento econômico apoiado à vida comunitária, paralelo ao aproveitamento dos talentos e recursos das pessoas que a integram. Além disso, é agregada a necessidade de compartilhar eqüitativamente, os resultados desse processo, e, sustentá-los, em longo prazo, para todos os grupos sociais (ARANTES, 2008).

2.2 Sustentabilidade na construção civil

Para Retore et al. (2010), a crise social e ambiental existente atualmente é a base para se repensar na qualidade de vida, principalmente nos centros urbanos, evidenciando dessa maneira a importância de se estudar alternativas de habitações populares que visem, além de contribuir para a diminuição do quadro de moradias no país e a melhoria das condições de vida das populações de baixa renda, o aproveitamento racional dos recursos ambientais disponíveis, possibilitando o desenvolvimento de um ambiente não apenas saudável, mas também economicamente viável e sustentável ecologicamente.

Ou seja, o conceito de Desenvolvimento Sustentável é motivado por essa nova realidade: a escassez de recursos naturais e a grande divergência entre as classes sociais existentes, criando assim relação direta com a construção civil, e logo, a necessidade de diminuir e controlar impactos

ambientais, e também adotar condições de trabalho adequadas no canteiro de obra (FEIJO; FRANÇA; CAETANO, 2007).

Magno (2008, p. 26) evidencia esse mesmo problema de déficit habitacional brasileiro justificando – o pelo seu histórico de urbanização:

No caso do Brasil, a história da urbanização aconteceu de forma desorganizada e descontínua. Até a década de 30 a sociedade era em sua maioria rural, sendo que as cidades eram pequenas quase todas localizadas no litoral. Entre 1945 e 1980 houve grandes transformações na base produtiva do país por causa da crise que a Segunda Guerra Mundial gerou no mundo, fazendo que o Brasil acelerasse o processo de industrialização interno, gerando uma modernização, aumentando a oferta de empregos, promovendo uma migração grande rumo às cidades, gerando fortes impactos na urbanização.

Desta forma, a ideia de habitações sustentáveis tende aos poucos a ir se consolidando e amadurecendo dessa forma a possibilidade de adesão de possíveis patrocinadores, colaboradores, e voluntários, visto que, os municípios, pressionados pela realidade de um aumento constante de assentamentos informais, invasões e ocupações clandestinas, devem desenvolver propostas destinadas a melhorar as condições de moradia dessa população, já que o direito a moradia é de responsabilidade do poder público (MAGNO, 2008).

Esse despertar para o desenvolvimento sustentável como solução para o déficit habitacional, porém, chegou ao mercado brasileiro no contexto da construção civil atrasado em relação aos países desenvolvidos. Por volta de 2000 aconteceram as primeiras iniciativas de discussão e posterior realização de edificações visando uma melhor qualidade ambiental, tentando-se dessa maneira chegar ao horizonte mais amplo das edificações sustentáveis (ZAMBRANO, 2008).

Silva e Silva (2011, p. 19) falam sobre a existência de construções que utilizam novas tecnologias que objetivam oferecer contribuição ao meio ambiente através da redução da poluição durante a construção, e a minimização da necessidade de recursos naturais para sua manutenção:

Uma casa ecologicamente correta tem responsabilidades com o meio ambiente. A principal ideia é utilizar materiais renováveis ou de origens naturais, materiais que utilizem baixo consumo energético e que não emitam substâncias nocivas. Além destes itens, devem ser reduzidos os custos e os impactos ao meio ambiente. Também deve ser observado que a casa deve oferecer conforto aos moradores e

ser tão durável quanta uma casa convencional.

Magno (2008) ressalta o fato de que as necessidades globais em relação a moradia verde são as mesmas, porém, baseado no objetivo de minimizar os custos de investimentos, os projetos são simplificados de tal forma que os espaços podem ser reduzidos também, por exemplo. Outro ponto discutido pelo autor é que o que vem acontecendo na questão da habitação popular atualmente, tanto quanto ao conceito como na prática, não se enquadra nos critérios de redução do consumo e da geração de energia, preservação dos recursos ambientais e proteção da saúde, qualidade de vida e consequentemente produtividade da população como deveriam se encaixar, havendo dessa maneira muito que ser estudado e executado.

2.3 Construções em mutirão

De acordo com Abiko e Coelho (2006), um dos maiores problemas a serem considerados nas obras realizadas em mutirão é justamente o prazo para a conclusão da mesma, sendo comum, por exemplo, edificações que levam 24 meses ou mais para serem concluídos. Esse tempo justifica - se pelo fato de que o mutirão geralmente não funciona em tempo integral, no decorrer da semana, mas apenas nos fins de semana. Outro fato óbvio é a menor produtividade da mão de obra, na maioria dos casos não qualificada e nem treinada o suficiente para a construção civil, exigindo, assim, parcerias com o Governo e Iniciativa privada em busca de voluntários. Outro agravante é que os mutirantes estão construindo suas moradias em um período que deveria ser utilizado para o descanso e para o lazer, visto que eles têm seus reais empregos e fontes de rendas para sustentar suas respectivas famílias.

Segundo Coelho (2010, p. 3176):

Os termos autoconstrução, auto-emprego e mutirão serão utilizados como sinônimos para designar a prática da construção da habitação residencial pelos próprios trabalhadores, com o auxílio da família, amigos e, até mesmo, de profissionais informais.

Abiko e Coelho (2006) afirmam ainda que foi constatado que os custos totais de construção do mutirão são cerca de 30% menores em relação aos do processo convencional.

Esse resultado foi obtido em pesquisa realizada em 20

empreendimentos localizados em 15 diferentes municípios brasileiros. A grande diferença observada entre o custo verificado no processo convencional e o custo no mutirão explica-se não somente pela não-incidência de parte da mão-de-obra no mutirão, mas também pela maior magnitude dos custos indiretos no processo convencional, particularmente em itens que não existem no mutirão (encargos financeiros e bonificação), ou existem mas são muito inferiores (alimentação, transporte, despesas de escritório central e canteiro) (ABIKO E COELHO, 2006).

2.3.1 Casa 1.0 em Palmas

O projeto CASA 1.0 PALMAS, é uma iniciativa da Associação Brasileira de Cimento Portland, em parceria com entidades de todas as unidades da federação que demonstram interesse em desenvolvê-la. No Tocantins, foi executada em parceria da Agência de Habitação e Desenvolvimento Urbano do Estado do Tocantins e o Sindicato da Construção Civil do Estado. Dessa forma, buscou - se estudar e implantar um protótipo baseado em necessidades locais. O resultado foi a construção de uma habitação que deve ser interpretada como alternativa para uso da minimização do déficit habitacional do estado do TO. (PEDROSO; PIMENTA, 2005).

Trata, portanto, de um projeto visado no interesse social. Este projeto, por sua vez, fez uso de alvenaria modulada em blocos de concreto, com todos os requisitos do *Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural*. A denominação do projeto faz referência ao carro 1.0, mas trata – se de algo além. Essa iniciativa buscou aperfeiçoar fundamentos da construção, desde o sistema construtivo à mão de obra utilizada. O sistema construtivo usado permitiu que a obra fosse racionalizada, proporcionando dessa maneira habitações de alto desempenho e confiabilidade.

De acordo com o portal CEULP/ULBRA o projeto visou estabelecer cursos de qualificação de mão-de-obra para serem oferecidos para os trabalhadores envolvidos na obra, podendo estes pertencer a própria comunidade contemplada com o programa. Eles receberam orientações de técnicos e engenheiros da ABCP, capacitando-os como oficiais especializados em alvenaria modulada. Dessa maneira, o projeto tornou mais uma alternativa possível de ser construída no regime de mutirão.

Figura 1 - Casa 1.0 em Palmas



Fonte: Pedroso e Pimenta (2005)

2.3.2 Conjunto Bananal B – Guarulhos.

O conjunto Bananal B é constituído por 64 unidades habitacionais, sendo as mesmas do tipo casas geminadas térreas. Cada uma dessas unidades apresenta 42,71 m² de área construída. É composta por dois quartos, sala, cozinha e banheiro, e aproximadamente 160 m² na totalização do terreno. A obra foi executada a partir de processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto, laje maciça no banheiro e corredor, telhado de telhas cerâmicas e estrutura de madeira, piso cimentado, revestimento interno e externo em massa única, e pintura interna e externa. Os trabalhos com os mutirantes foi realizado de segunda a sexta-feira, das 7 h às 17 h, e foi concluída dentro de dez meses. (SILVA, 2013).

Figura 2 - Conjunto Bananal B



Fonte: Silva (2003)

2.3.4 Casa de adobe – zona rural de São Paulo

Barreto (2011) afirma que foram produzidos, para a casa em questão, 5.141 tijolos de adobe (a previsão inicial era de 5 mil unidades). Destes, 300 foram fabricados nas próprias oficinas de capacitação, 900 foram cedidos pelo último morador a desistir desta técnica construtiva, 400 foram produzidos pelo próprio Camilo – dono da casa - e 3541 foram fabricados no próprio lote onde a casa seria construída, envolvendo toda a família neste processo.

Figura 3 - Mutirão com adobe



Fonte: Barreto (2011)

2.3.5 CDHU - Itaim Paulista

De acordo com Silva (2003) as obras foram executadas pôr regime de mutirão, onde a Múltipla executou a estrutura em parceria com a Usiminas, através da Pórtico (responsável pela montagem da estrutura). Esse programa baseado em mutirão, segundo o autor, passou a funcionar em 1997 objetivando beneficiar o nicho de mercado cuja renda familiar vai de um a três salários mínimos e que além disso, não são atendidas por outros sistemas de financiamento. Assim sendo, Silva (2003) aponta que o processo consiste nas famílias se inscreverem como mutirantes para a construção dos prédios e depois receberem o apartamento, que por sua vez, terá o seu valor total financiado em até 240 meses. A Múltipla engenharia executou a fundação em parceria com a Pórtico. Posteriormente, as lajes pré-fabricadas foram montadas In loco. A vedação externa foi executada através de alvenaria convencional de fechamento executada pela construtora, conforme. Concluída essa etapa, a construtora entregou o edifício para a CDHU, que repassou os apartamentos para os mutirantes, que por sua vez, tiveram a função de executar a alvenaria de fechamento interna e instalações internas.

Figura 4 - Mutirão para construção com *steel frame*



Fonte: Silva (2003)

2.3.6 Residencial Campo Alegre – Uberlândia

As casas foram construídas em regime de autoconstrução gerenciada aonde as famílias eram as próprias responsáveis pela mão-de-obra. Cabia a uma instituição regularizadora fazer o acompanhamento das obras com o

auxílio de equipes técnicas com profissionais como engenheiro civil e psicólogo e mestre de obras (AÇÃO MORADIA, 2014). O material utilizado na estrutura foi o solo cimento.

Figura 5 - Mutirão para construção de residências com solo cimento



Fonte: Ação Moradia (2014)

2.3.7 Conjunto habitacional no bairro Pedra 90, Cuiabá/MT

De acordo com Adrião (2011) a unidade habitacional é formada por madeira transportada das serrarias até a sede Instituto de Defesa Agropecuária (INDEA), em Cuiabá. Lá foram fabricados os componentes. Posteriormente, o conjunto de componentes era levado até o local de implantação da edificação. Nessa etapa, entrava a participação dos futuros moradores, em regime de mutirão, além dos profissionais contratados. Atingia – se assim uma média de montagem de 4 casas por dia.

Figura 6 - Conjunto de *wood frame* construído em mutirão



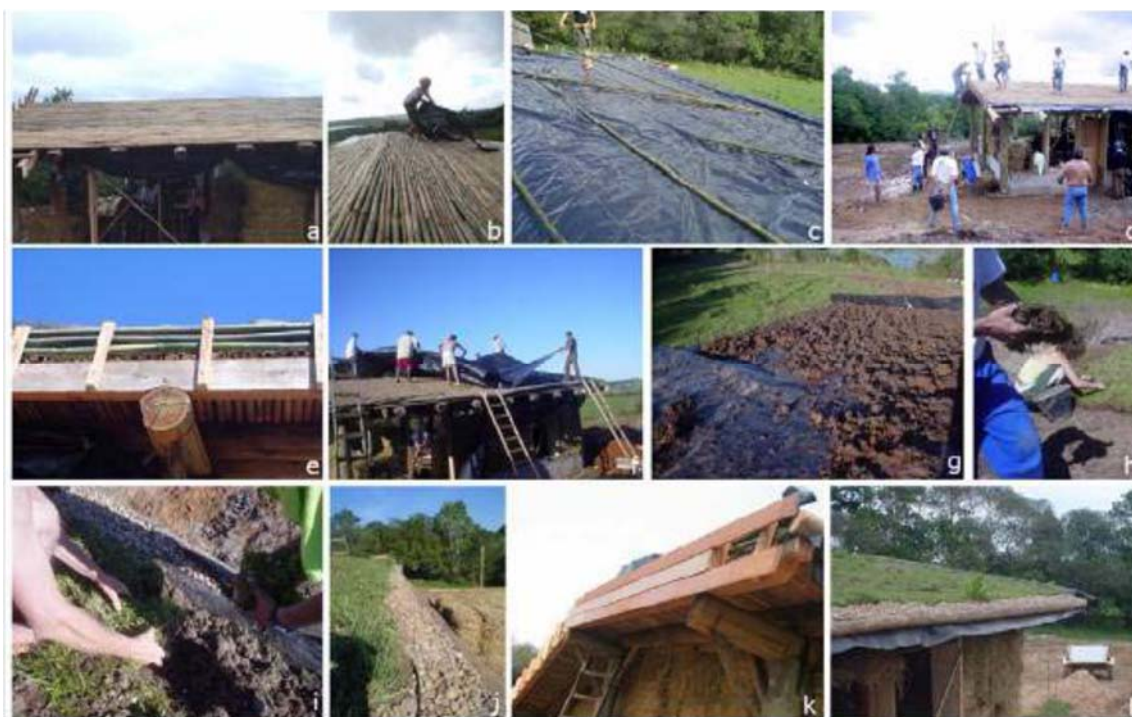
Fonte: Adrião (2011)

2.3.8 Telhado verde

O Protótipo é situado na fazenda Capão Alto das Criúvas, no município de Sentinela do Sul, a 120 km sul de Porto Alegre. Em abril de 2005, foi

realizado um projeto de uma habitação de interesse social típica do local construído com materiais provenientes do local. Os principais materiais usados foram a madeira de eucalipto para a estrutura, os fardos de palha de arroz para as paredes externas, os adobes para as paredes internas e o bambu como base da cobertura verde (SATTLER, 2006).

Figura 7 - Casa construída em mutirão com telhado verde



Fonte: Sattler (2006).

2.4 Materiais Construtivos

Segundo John (2014) é amplamente reconhecido que a construção civil utiliza mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e posterior manutenção do ambiente a ser construído, sendo que assim, o esperado crescimento da população mundial e a demanda social por construções de qualidade para todas as classes sociais implicam automaticamente em um agravamento dos problemas ambientais. Ainda segundo o autor, esse consumo de recursos naturais na extração de materiais é apenas uma parte da problemática que envolve a área em questão. Após a retirada das matérias-primas, por exemplo, geralmente as mesmas têm que ser

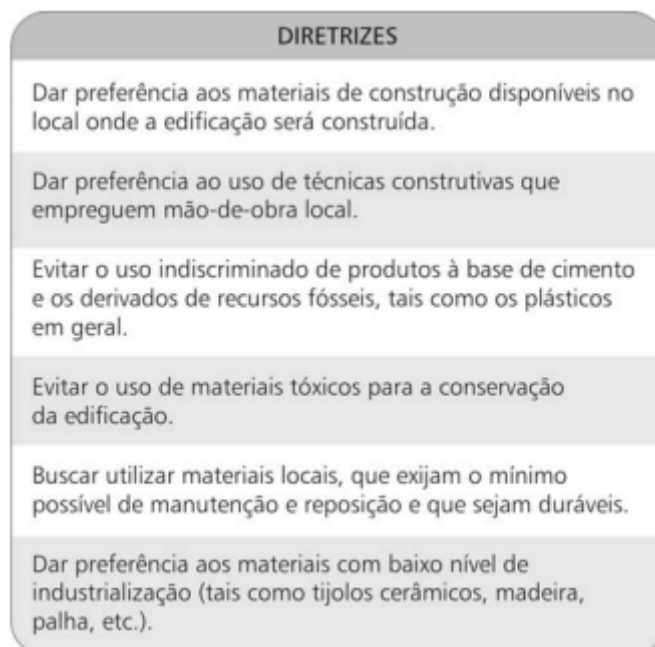
processadas industrialmente, o que demanda um potencial alto de energia, e consequentemente resulta em emissões de gases do efeito estufa, entre outros.

De acordo com Silva e Silva (2011) uma construção sustentável significa que os materiais a serem utilizados: Sejam de locais próximos; sejam fabricados para serem utilizados até o fim de suas respectivas vidas úteis. Além de deverem ser recicláveis, reutilizáveis; e de preferência que estes não sejam compostos por substâncias tóxicas ou nocivas em sua decomposição. Ou seja, tratam – se de materiais de origens naturais, mas que sejam renováveis, podendo dessa maneira ser utilizado e mantido para o uso das próximas gerações.

Segundo John (2014, p. 96):

A desmaterialização – que pode ser entendida como a adoção de sistemas construtivos leves ou do reuso de componentes ao final da vida útil da obra – ainda é uma estratégia pouco conhecida pela sociedade. Ela vai depender da inovação mais radical em sistemas construtivos, do combate à informalidade e de mais incentivos à inovação e à industrialização.

Figura 8 - Diretrizes gerais para edificações sustentáveis quanto aos materiais de construção



Fonte: Magno (2008)

Magno (2008) explana sobre a influência dos materiais em uma obra. O Autor afirma que é de extrema importância a racionalização do uso de

materiais de construção tradicionais e a busca pela prevenção no uso de produtos cuja fabricação gera problemas ao meio ambiente ou a saúde humana. Dessa forma, fica evidente que a escolha deve englobar aspectos econômicos, baseada na redução de despesas, racionalização de processos construtivos, menores desperdícios na obra e perdas, ecologia, aplicação de materiais cuja produção e uso causem menor impacto sobre o meio ambiente e a saúde e o bem-estar de seus usuários, utilizando dessa maneira materiais que contribuam para a preservação da saúde, e que otimizem a qualidade do produto final, não permitindo, por exemplo, a instalação e proliferação de fungos, bactérias e microrganismos, levando sempre em consideração também outros aspectos essenciais como o conforto termo-acústico da edificação e a sensação de bem-estar do morador/usuário.

Os subitens a seguir correspondem ao detalhamento maior dos materiais encontrados no item anterior que já são utilizados na execução de habitações em mutirão, sendo eles sustentáveis ou não.

2.4.1 Estrutura

Alvarez et al. (2002) abordaram uma habitação popular a base do tijolo de solo-cimento também conhecido como tijolo ecológico. Essa alvenaria apresenta inúmeras vantagens: não gasta energia em sua fabricação, visto que os blocos são prensados a frio, não precisando ser “cozidos” tais como os tijolos de barro convencionais; caso seja verificado defeito podem ser moídos e reaproveitados; reduzem o custo da construção de uma casa em até 50%, pois faz uso de solo pré-selecionado, triturado ou peneirado e eventualmente corrigido, cimento (5 a 10%) e água; apresentam dimensões mais regulares e superfícies mais planas que os convencionais, o que, por sua vez, possibilita, num melhor acabamento; é assentado geralmente com cola à base de PVA, argamassa de assentamento comum, ou a própria mistura de solo cimento da qual é composto o tijolo, segundo normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); as duas aberturas cilíndricas em seu interior permitem facilmente a instalação de encanamento hidráulico e a fiação elétrica no ato da construção, abolindo o corte nas paredes depois de prontas; além de contribuírem para a redução do peso do tijolo e serem utilizadas como molde de colunas, diminuindo o uso de madeira na obra, além de melhorar as

características termo acústico do tijolo.

Cunha (2007) evidencia a vantagem em relação a eficácia construtiva, mostrando que devido a facilidade de instalação, o solo – cimento reduz cerca de 50% no tempo de execução da obra, além de uma redução significativa no desperdício de material. O tijolo de solo-cimento possui menor peso, gerando uma economia na fundação, no reboco e etc.

Outro ponto importante ressaltado para o contexto desse estudo, habitações verdes em mutirão, é em relação à mão de obra. Ferreira et al. (2003) afirma que a mesma não precisa ter experiência previa, permitindo adquiri-la em poucas horas de trabalho. Ainda segundo o autor, a fabricação desse tipo de tijolo é considerada uma das melhores técnicas e alternativas sustentáveis na construção civil, sendo que no processo produtivo são usados equipamentos e máquinas simples e de baixo custo.

Outra possibilidade encontrada em construções que apresentam o objetivo aqui proposto é o adobe, também baseado em terra crua. É uma técnica construtiva bastante antiga difundida pelo mundo todo. É composto de terra argilosa (entre 25 e 30% de argila), fibra (esterco, palha de arroz, feno) e água. Esses materiais geralmente são amassados com uso dos pés de tal forma que se misture bem os elementos. Após a mistura, é necessário que o material descanse por um dia para posteriormente seguir para a etapa de modelagem, que é quando será colocado em formas retangulares e desenformados logo em seguida. O processo de cura do adobe requer 7 dias e deve ocorrer com o auxílio de sol e água (SILVA, 2007).

Outro método construtivo muito utilizado nos países desenvolvidos é o *wood frame*. São construções com o uso de madeira tratadas, representando assim uma excelente técnica para combater o déficit habitacional por oferecer rapidez na construção, durabilidade, estabilidade térmica, ecológico, boa estética, sustentável, bom isolamento acústico.

Um ponto negativo que deve ser ressaltado, é que apesar da diminuição da mão de obra, esse método exige maior qualificação da mesma, o que pode vir a ser uma limitação na ausência de voluntários suficientes para estarem realizando e auxiliando a execução do mesmo em parceria com a população.

Em Indaiatuba, cidade do interior do Estado de São Paulo, por meio da

iniciativa de uma empresa de consultoria imobiliária e construtora local, construiu-se um protótipo de residência popular tendo como estrutura o steel framing. Apesar de assim como o Wood, necessitar de uma qualificação maior da mão de obra, Castro (2006) afirma que se empregou mão-de-obra local na construção, sendo que a equipe era formada por três pessoas (um mestre e dois ajudantes) instruída especificamente para realização dessa montagem. Ou seja, apesar de ser uma desvantagem explícita desse método construtivo, houve colaboradores dispostos a capacitar as pessoas e tornar esse método viável para a região em questão.

Na visão de Boin et al. (2010), entretanto, a alvenaria estrutural racionalizada de blocos vazados de concreto é um sistema construtivo extremamente coerente na produção de residências sustentáveis, aonde a parede, construída com blocos modulados de mesma família, desempenha duas funções: vedação e elemento estrutural, suportando dessa maneira as ações verticais e horizontais. Torna viável, pelas vantagens significativas, tais como: redução de armaduras, redução de fôrmas, eliminação das etapas de moldagem dos pilares e vigas, redução de desperdícios e retrabalho e facilidade na montagem da alvenaria, o que por sua vez, torna - se um ponto positivo também para a abordagem de obras em mutirão.

Campos (2015), porém, reafirma que para esse contexto aqui estudado deve ser preferível os materiais a base de terra se baseando no fato de que eles permitem melhor “respiração” das paredes se comparado com os blocos de concreto. Assim sendo, o autor menciona que o indicado é fazer uso dos tijolos de solo-cimento, já mencionados anteriormente, levando em consideração, que dependendo do modelo, os mesmos podem até dispensar a argamassa no assentamento. O grande diferencial abordado é justamente o fato de que este tijolo não precisa usar fogo para ser produzido, aliado ao fato de que já vem com orifícios para passagem da fiação elétrica e da rede hidráulica. Dessa maneira, ainda segundo o pesquisador, caso não seja por algum motivo viável usar solo-cimento deve – se considerar a seguinte escala de preferência: o tijolo de barro cozido, bloco cerâmico e, por último, o de concreto.

Outro quesito que vale ressaltar aqui, é que a estrutura/alvenaria é a

parte mais crítica de uma obra em relação ao quesito financeiro. A figura 8apontam para esse fato:

Figura 9 - Distribuição de custos de uma obra por etapas

ETAPA	VARIAÇÃO DO CUSTO
Projetos e Aprovações	5% a 10%
Canteiro de Obras e Serviços Preliminares	1% a 3%
Movimentação de Terra	0% a 3%
Fundações	3% a 6%
Estrutura	20% a 30%
Alvenaria ou Fechamento	4% a 8%
Cobertura	6% a 15%
Instalação Hidráulica	6% a 9%
Instalação Elétrica, Telefone e Lógica	6% a 9%
Impermeabilização/ Isolamento Térmico	2% a 4%
Esquadrias	4% a 12%
Pisos, Revestimento e Acabamentos	15% a 25%
Vidros	1% a 4%
Pintura	4% a 6%
Serviços complementares e Limpeza geral	2% a 4%

Fonte: Magno (2008)

Assim sendo, esse fator, além das questões técnicas óbvias, é mais uma das razões para que o material da estrutura seja escolhido primeiro. Logo, os materiais das outras etapas construtivas – fundação, cobertura, esquadrias e iluminação – tornam função direta da escolha inicial.

2.4.1.1 Adobe

A palavra é uma palavra que provavelmente surgiu do árabe “atob”, da tradução pasta grudenta. O tijolo de adobe é um material construtivo bastante antigo, composto por terra crua e fibra vegetal. Ainda existe muito preconceito na sua utilização, porém, sua técnica vem sendo resgatada e seus defensores buscam quebrar esses paradigmas. Por se tratar de um método construtivo simples e artesanal, sem utilização de cimento, e sem a necessidade de queima na secagem dos tijolos é considerada uma técnica “amiga do meio ambiente” (CARNEIRO, 2013).

Figura 10 - Etapas da construção de casa popular com tijolos de adobe na Zona Rural de Itapeva – SP



Fonte: Faria, Silva e Ino (2005)

Geralmente o grupo das construções baseadas em terra na qual o adobe faz parte apresenta pontos positivos extremamente válidos. Esse fato se justifica devido alguns quesitos principais: a terra é um material barato, reciclável e amplamente disponível. Em outras palavras possibilita construções sustentáveis. Além disso, agrega boas propriedades térmicas e acústicas, e exige pouco gasto energético. E por não necessitar de métodos de execução complexos, possibilita a mão de obra em mutirão. (OLIVEIRA, VARUM e COSTA, 2011).

O tijolo de adobe é um material de terra bastante antigo na construção. Como mencionado anteriormente, é um tijolo de barro, obtido a partir de um processo mecânico, manual ou moldado. Sua secagem, por sua vez, ocorre naturalmente. Dessa forma, corresponde a uma técnica dentro dos padrões da sustentabilidade, já que não faz uso de cimento e não apresenta gastos com combustível na secagem dos tijolos, visto que não é queimado. (DAM et al., 2014).

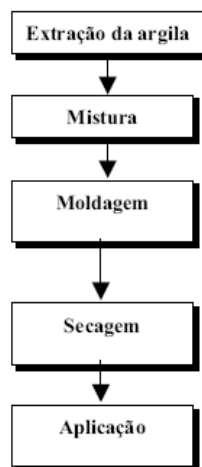
De acordo com Rodrigues (2007), o fato do adobe não consumir energias não renováveis, não precisar de gastos com transporte, não contribuir para a degradação da paisagem, fazer uso de pouca água e ser reciclável o torna um material sustentável, sendo, portanto adequado para o uso no contexto aqui proposto – habitações populares a serem construídas em mutirão.

De acordo com Carneiro (2013) a produção dos blocos e a posterior execução das alvenarias, no caso do adobe, exigem métodos construtivos simples e tradicionais. A força humana, portanto, é o ingrediente principal de tal processo. Na atualidade há algumas ferramentas mecânicas que auxiliam o processo de fabricação, porém, é possível que o mesmo seja realizado apenas manualmente.

O processo de fabricação do adobe é dividido em etapas relativamente simples. Inicialmente é realizada uma mistura dos elementos constituintes, sendo a mesma amassada e peneirada até atingir homogeneidade. Posteriormente, essa mistura deve descansar na sombra por cerca de dois dias, sendo novamente misturada com água até alcançar uma consistência plástica. (DAM, et. Al, 2014). Em seguida, o produto resultante dessa mistura é colocado em formas, sendo que após esse período o mesmo é recolocado para secar. Esse processo de secagem, por sua vez, depende das características climáticas do local de fabricação.

Quando feito em tempo quente e seco (características da região da cidade de Palmas por um significativo período de tempo) a secagem, obviamente, se conclui mais rapidamente. Outro ponto importante, ainda segundo Dam, et al. (2014) é que durante a secagem, deve ser realizado a troca de faces expostas dos tijolos, de tal forma que esse processo se caracterize de maneira uniforme. Assim sendo, questões como deformações e retrações desproporcionais são evitadas. Essa cadeia de produção geralmente leva de 28 a 35 dias para concluir.

Figura 11 - Fluxograma do processo de produção de tijolos de adobe



Fonte: Bouth (2005)

✓ **Vantagens e desvantagens**

De acordo com Bouth (2005), as vantagens do adobe podem ser sintetizadas nas seguintes: a sua matéria-prima é abundante; a sua utilização não requer processos de transformação dispendiosos em termos energéticos; tem um bom comportamento térmico; é reciclável e reutilizável; é incombustível; não é tóxica; a terra escavada para a execução das fundações pode ser usada para a execução dos blocos e dos rebocos e argamassas; a terra pode ser utilizada como superfície final de acabamento desde que esteja garantida a sua proteção relativamente a situações graves de erosão e exposição a água.

Ainda de acordo com o autor anterior, as vantagens relativas a minimização dos custos de impacto ambiental como consequências do uso do material em questão o tornam mais econômico. Isso ocorre devido aos processos simples de utilização de matéria-prima e paralelamente pouco uso de recursos energéticos. Outro fato que o justifica ser classificado como tal é por não estar associado a grandes distâncias de transporte entre local da extração, produção e uso na obra. Além disso, a sustentabilidade no processo de fabricação do adobe é ecológica, visto que não é queimado. Em outras palavras o adobe contribui para a preservação de recursos naturais e simultaneamente para a diminuição do uso de energia (BOUTH, 2005).

Isaia (2007) reforça como vantagem do adobe o fato do mesmo

dispensar a queima de carvão, que por sua vez, além de produzir grande quantidade de CO₂, requer muita energia. De acordo com os autores, as edificações que fazem uso de adobe apresentam inúmeros pontos positivos, sendo eles: matéria prima de fácil acesso, propriedades térmicas e acústicas eficazes e fáceis reincorporação na natureza. Os autores indicam ainda como propriedades físicas a eficiente absorção a odores e dissolução de gorduras.

A durabilidade desse tipo de construção também é alta, sendo as paredes que são construídas com esses blocos praticamente não encolhe (BOUTH, 2005).

Em relação a principal desvantagem, por sua vez, dá se o fato de ser um processo artesanal bastante sensível a água. Dependendo de algumas variáveis (composição, execução, ausência de proteção ou má formação da mesma) esse contato com a água pode resultar em desgaste e erosão. Outra questão é que apesar de ser uma técnica bastante antiga ainda é pouco difundida. Além disso, há um considerável preconceito ainda existente em relação ao material em questão (NASCIMENTO, 2013).

Já de acordo com Pereira et al. (2014) as fragilidades que mais devem ser levadas em consideração nesse tipo de construção em terra é a sua fraca resistência às trações. Esse fato justifica que geralmente, as formas das edificações mais eficientes estruturalmente são arredondadas. No caso de formas reticuladas, porém, os cantos necessitam de reforços estruturais, como por exemplo, a aplicação de elementos verticais de madeira. Além disso, segundo ainda os autores, a construção em terra apresenta uma resistência mecânica limitada, impossibilitando dessa maneira a construção em grande altura, e intensificando a necessidade de cuidados particulares face à água.

Quadro 1 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - ADOBE

Vantagens	Desvantagens
Matéria prima abundante; Não requer grandes gastos energéticos; Bom comportamento térmico; Bom desempenho acústico; É reciclável e reutilizável; É incombustível;	Alta sensibilidade à água; Técnica pouco difundida em termos de normas; Baixa resistência às trações; Resistência mecânica limitada;

Não é tóxico; Seu processo de produção não inclui queima; Geralmente o custo de transporte é pequeno; Eficiente absorção de odores e dissolução de gordura; Durabilidade alta;	
--	--

Fonte: Elaborada pela Autora

2.4.1.2 Steel frame

De acordo com Rodrigues (2006) o Steel Framing é um método construtivo baseado em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar as cargas das edificações assim como para trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados.

Dessa maneira, esses perfis são usados tanto para a formação de quadros estruturais, quanto para os não estruturais. Além disso, seu uso é habitual em vigas de piso, lajes, vigas secundárias, tesouras de telhados, entre outros. Por ser um sistema industrializado possibilita construção seca, caracterizada também por ser de maneira rápida e de qualidade (SANTIAGO, 2012).

De acordo com a revista Técnica (2012), o “Light Steel Framing” é comumente montado sobre uma fundação tipo radier, executada sobre isolamento hidrófugo e com as alimentações elétricas e hidráulicas já devidamente instaladas. Posteriormente a fabricação dos painéis de aço, os mesmos são fixados à fundação com a utilização de chumbadores (HASS e Martins, 2009).

✓ Vantagens e desvantagens

Uma das primeiras vantagens que se pode mencionar acerca desse sistema industrializado é o fato dele gerar racionalização na construção civil. Muitos autores tratam essa característica como uma das principais na aplicação do método construtivo em habitações habitacionais que buscam estabelecer relações com a sustentabilidade (JAVARINI E PINTO, 2015). Em outras palavras, as edificações que fazem uso deste tipo de construção geram menos impactos ao meio ambiente em relação aos seguintes quesitos: uso de

energia, consumo de materiais e geração de resíduos.

Santiago (2012), por sua vez, aponta como principais vantagens do uso desse sistema as que seguem: produtos de alta qualidade, visto que o processo de fabricação é extremamente sistematizado e normatizado; o aço apresenta alta resistência; a estrutura tem alta durabilidade; trata – se de construção a seco, o que por sua vez, reduz o uso de recursos naturais e minimiza o desperdício e a construção é rápida.

Sousa e Martins (2009) especificam também a otimização da utilização dos materiais e o eficiente e eficaz gerenciamento de perdas que o método possibilita, fazendo com que haja total controle de gastos independente da fase da obra.

Em relação à dimensão ambiental, o *steel frame*, além de gerar menos resíduos como já mencionado anteriormente, apresenta baixa emissão de CO₂. Quando essa taxa de gás é comparada com o método convencional, percebe – se ainda mais a divergência. O método tradicional emite cinco vezes mais CO₂. A energia também é minimizada (JAVARINI E PINTO, 2015).

Outros aspectos positivos definidos também por Javarini e Pinto (2015) é o alívio gerado na fundação, por exemplo, visto que a estrutura apresenta peso reduzido, além de distribuir uniformemente os esforços através de paredes autoportantes. Vale ressaltar também que o aço é um material que pode ser reaproveitado diversas vezes sem perder as suas propriedades básicas de qualidade e resistência, sendo, portanto passível de reciclagem.

Frazen (2011) afirma que o ciclo vital de uma edificação feita a base de aço comparada a uma construção em concreto consome 41% a menor no consumo de água. E o outro ponto é que a construção *steel frame* reduz de forma significativa o movimento dos caminhões na locação.

Sob a perspectiva de Fagiani (2009), o *steel frame* possui algumas vantagens. A primeira delas que pode ser mencionada é a redução em 1/3 dos prazos de construção quando comparada com o método convencional. Essa redução extremamente significativa de tempo se justifica pelo fato da fabricação da estrutura poder ocorrer em paralelo com a execução das fundações, por exemplo. O fato da montagem da estrutura não ser afetada pela

ocorrência de chuvas também é fator determinante para tal agilidade.

Outro ponto importante já identificado por outros autores e aqui registrado é a respeito do alívio nas fundações, devido ao reduzido peso e uniforme distribuição dos esforços através de paredes leves e portantes, proporcionando custo de 20% a 30% por metro quadrado inferior ao convencional. O desempenho acústico através da instalação da lã de rocha e lã de vidro entre as paredes e forro é bom. O método facilita a manutenção de instalações em geral. Os custos diretos e indiretos são menores, visto que os prazos são reduzidos e as perdas que são comuns nas construções convencionais também são bem menores no método aqui exposto.

O aço é o único material que pode ser reaproveitado inúmeras vezes sem nunca perder suas características básicas de qualidade e resistência. Além disso, esse material é capaz de vencer grandes vãos, eliminando dessa forma colunas e paredes intermediárias. Com isso, possibilita maiores espaços e confere flexibilidade na concepção e execução de projetos.

A melhoria no desempenho acústico e térmico através da instalação da lã de rocha e lã de vidro entre as paredes e forro possibilita a vantagem competitiva de cerca de duas vezes e meio superior a parede de alvenaria convencional (HASS E MARTINS, 2011). Outro aspecto mencionado pelos autores anteriores é a precisão construtiva. Em uma estrutura metálica a unidade adotada é o milímetro. Assim sendo, geralmente a estrutura é extremamente eficaz em questões como prumo e nível, o que por sua vez, reflete nas etapas seguintes da obra, tais como instalação de esquadrias e elevadores.

Sanches e Sato (2009) apontam como desvantagem o fato de o *steel/frame* ainda ser pouco divulgado e paralelamente não possuir mecanismos eficazes de fiscalização e controle. Outro ponto negativo mencionado pelo mesmo autor é o fato de que as construções desse grupo estão limitadas a quatro pavimentos. A questão da mão de obra requerer qualificação também é um fator determinante, ainda mais levando em consideração o contexto aqui proposto: obras em mutirão. Hass e Martins (2011) pontuam esse aspecto ao afirmarem que A fabricação em “*Steel frame*” ocorre dentro de uma indústria e requer mão-de-obra altamente qualificada.

Quadro 2 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - *STEEL FRAME*

Vantagens	Desvantagens
Produto padronizado de alta qualidade; Alta resistência; Alta durabilidade; Construção a seco; Alívio gerado na fundação devido ao peso leve da estrutura; É reciclável/reutilizável; Prazos de execução reduzidos; Maximização do aproveitamento da área útil; Precisão construtiva; Bom desempenho acústico e térmico;	Não apresenta mecanismos de fiscalização e controle eficazes; Edificações limitadas a quatro pavimentos; Necessidade de mão de obra qualificada;

Fonte: Elaborada pela Autora

2.4.1.3 Solo cimento

Segundo o CEBRACE (1981) e a ABCP (1985), o solo-cimento é definido como um material construtivo formado pela mistura homogeneizada, compactada e curada de solo, cimento Portland e água em proporções adequadas ao fim que se destina. Possui boa resistência à compressão, durabilidade e impermeabilidade além de baixa retração volumétrica. A maior parte de sua composição é formada por solo, sendo que a fração de cimento, por sua vez, representa um percentual baixo (5 a 10 % de cimento em peso são suficientes para estabilizar o solo, de tal maneira que o mesmo atinja as propriedades desejadas). Segundo ainda as fontes aqui mencionadas, os solos ideais para esta mistura são aqueles que têm uma curva granulométrica bem distribuída e ausência de matéria orgânica.

O processo de fabricação do tijolo de solo-cimento, de acordo com Grande (2003, p. 42) corresponde às seguintes fases:

- **Preparação do solo:** consiste em destorroar e peneirar o solo seco;
- **Preparo da mistura:** adiciona-se o cimento ao solo preparado e realiza-se uma mistura com os materiais secos. Após a homogeneização

adiciona-se água e mistura-se novamente o material até uniformizar a umidade no solo;

- **Moldagem dos tijolos;**
- **Cura e armazenamento:** após 6 horas de moldados e durante os 7 primeiros dias, os tijolos devem ser mantidos úmidos por meio de sucessivas molhagens.

✓ **Vantagens e desvantagens**

De acordo com Dos Santos et al. (2009), existem inúmeras vantagens do tijolo de solo cimento que vão além do custo e da facilidade de mão de obra. A primeira delas, segundo o autor, é que o mesmo pode ser utilizado como próprio tijolo a vista, ou seja, sem a necessidade de qualquer complemento. O tijolo por si só já trás uma boa estética para a edificação. Ainda assim, caso se opte pela utilização do reboco, haverá a necessidade menor de cimento do que na forma convencional, pois a camada será bem mais fina.

Ainda de acordo com Dos Santos et. al, (2009) o uso da madeira é eliminado, visto que as vigas e pilares são executados dentro do próprio tijolo. Além disso, o tijolo apresenta furos em seu interior, aonde apresenta - se câmaras de ar, oferecendo dessa maneira a propriedade de bom isolante acústico. O presente autor ainda aponta para o bom isolamento térmico gerado pelo mesmo, provocando, por exemplo, no calor, uma sensação de temperaturas menos elevadas. A sua resistência mecânica é maior, e toda a instalação hidráulica e elétrica é realizada através dos furos dos tijolos, minimizando, portanto, o tempo e a complexidade da execução.

Tais vantagens são ainda mencionadas Xavier; Freire e Xavier (2011). Os autores afirmam que por ser a terra um dos recursos mais abundantes no planeta, o tijolo de solo – cimento é um potencial material sustentável na construção civil. Sua utilização não requer processos de transformações com muitos gastos energéticos, apresenta bom comportamento acústico e térmico, pode ser reutilizável e reciclável, além de ser atóxico e incombustível.

ABCP (1987) reafirma que o uso do solo – cimento é uma ótima opção

para a construção de habitações populares visto que possibilita grande economia. Essa economia pode significar até 40% do custo final da obra. Os fatores responsáveis por tal minimização dos gastos é o baixo custo do solo, o que, por sua vez, representa muito já que o solo consiste no material empregado em maior quantidade. É importante também ressaltar a diminuição das despesas com transporte, visto que o material pode ser construído na própria obra, e os gastos com energia. Ainda segundo essa mesma fonte, pode – se fazer uso de aproveitamento de mão de obra não qualificada, reduzindo ainda mais os custos envolvidos.

De acordo com Walker (1994) uma importante vantagem que pode ser mencionada também é o baixo consumo de energia na produção, no transporte e na manutenção dos blocos de solo – cimento. Ainda segundo esse autor, trata – se de um método de construção que dispensa mão de obra qualificada. Em termos de números, Walker (1994) afirma que blocos de solo – cimento, com 10% de cimento consomem 0,1MJ/kg de energia, enquanto que os blocos cerâmicos gastam de 8 a 16 vezes mais que esse valor.

Outra vantagem, segundo CARNEIRO et al. (2001), é a possibilidade de incorporar outros materiais na fabricação do tijolo em questão. Esses materiais, por sua vez, podem ser produzidos com entulho reciclado e rejeitos industriais.

Além disso, por não fazer uso de queima no processo de fabricação, há uma expressiva redução do consumo de energia e, conseqüentemente, de danos ambientais para a sua fabricação.

Devido a essas propriedades, Neves (1989) destaca que o tijolo de solo-cimento, produzido por sistemas manuais ou automatizados, pode ser considerado um elemento de viabilidade comprovada em diversos programas habitacionais realizados tanto por mutirão, como por administração direta.

De acordo com a revista *Téchne* (2004) ao contrário do concreto, cujo sua composição (areia e brita) são facilmente obtidas com a pureza e as propriedades físicas e químicas requeridas, o solo tem alta variabilidade. A presença de substâncias deletérias para o processo de cimentação, como o húmus, cloretos e sulfatos tornam o solo inviável para tal aplicação a aplicação do solo. A solução desses problemas é dispendiosa por requerer pessoal

qualificado e paralelamente intensa análise de material.

Silva (2011) reforça essa desvantagem ao mencionar que a grande variedade de solos existentes gera a necessidade de execução de ensaios para a caracterização dos solos utilizados. Esses ensaios, por sua vez, podem ser executados em qualquer laboratório por se tratarem de ensaios simples e rotineiros, sendo eles ensaios de: granulometria, compactação e compressão simples.

Faria (2012) por sua vez, aponta como desvantagens as patologias que são de porcentagem alta de ocorrência. Como exemplos dessas patologias têm – se as variações volumétricas por reações da água com aditivos, retrações e aparecimento de fissuras; o desgaste do material ocasionado pela presença de sais solúveis em água, de matéria orgânica, de materiais expansivos ou partículas friáveis (feldspatos e micas); e as propriedades heterogêneas na série produzida devido à descontinuidade das características da matéria-prima.

Quadro 3 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - SOLO CIMENTO

Vantagens	Desvantagens
Custo baixo; Facilidade de mão de obra; Não requer acabamento (chapisco, emboço, reboco); Eliminação do uso de madeira; É bom isolante acústico e térmico; Boa resistência mecânica; É reutilizável e reciclável, além de ser atóxico e incombustível; Baixo consumo de energia; Despesa com transporte reduzido;	Propriedades do solo variam muito; Alta probabilidade de ocorrência de manifestações patológicas;

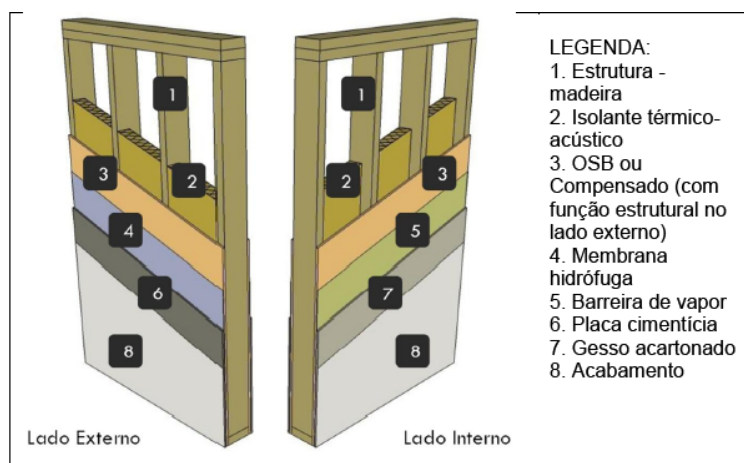
Fonte: Elaborada pela Autora

2.4.1.4 *Wood frame*

De acordo com Lopes (2013) as Estruturas de *Wood frame*, ou seja, estruturas que fazem uso de perfis de madeira como método de alvenaria, são consideradas estruturas sustentáveis por apresentar uma série de características que beneficiam o meio ambiente. Assim sendo, esse modelo se classifica no Sistema de Construção Energitérmica Sustentável, que está incluído junto ao método do *Steel frame*. A estrutura é formada por perfis de madeira que juntamente com as placas estruturais, formam painéis estruturais,

que resistem às cargas verticais, dos telhados e pavimentos, cargas perpendiculares, como ventos transmitindo as cargas até a fundação. Tratam – se de perfis leves de madeira de reflorestamento, como por exemplo, o pinus.

Figura 12 - Partes do sistema *wood frame*



Fonte: Santos (2010)

✓ Vantagens e desvantagens

Dados interessantes foram divulgados por Santos (2010) apud *Canadian Wood Council* – (Conselho Canadense da Madeira), para apontar as vantagens do sistema em questão, fazendo uso para isso de um comparativo com a utilização de concreto. Nesse contexto, portanto, a construção em madeira produz menos 47% de poluição do ar; produz 23% a menos de resíduos sólidos; requer 57% a menos de energia de produção, emite 81% (oitenta e um pontos percentuais) a menos de gases do efeito estufa (GHGS) e descarta 3,5 vezes menos dejetos nas águas.

No método Wood – Frame, de acordo com Santos (2010), os resíduos sólidos de obra, além de serem em quantidade menor se comparada à construção convencional, ainda apresentam como vantagem o fato de serem resíduos facilmente recicláveis. Ainda de acordo com o autor, outra importante vantagem desse sistema é a praticidade com que uma obra é concluída. Uma obra comum gasta em torno de um ano para ser concluída, a obra em *Wood – Frame*, por sua vez, fica pronta em 60 dias.

A principal desvantagem, de acordo com Deeke (2009), é a limitação de fornecedores no Brasil, ou seja, há uma produção de matéria-prima restrita

para o sistema construtivo.

Quadro 4 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - *WOOD FRAME*

Vantagens	Desvantagens
<p>Obra seca e limpa, ou seja, com menor geração de resíduos;</p> <p>Reduzido tempo de obra já que as peças são fabricadas em ambiente industrializado;</p> <p>Faz uso de madeira de reflorestamento, única matéria prima renovável na</p> <p>Construção civil;</p> <p>Estabilidade do preço da matéria prima;</p> <p>Bom desempenho térmico e acústico.</p>	<p>Necessita de mão-de-obra qualificada;</p> <p>Altura das edificações de no máximo quatro pavimentos;</p> <p>Requer maiores cuidados quanto à impermeabilização;</p> <p>.</p>

Fonte: Elaborada pela Autora

2.4.1.5 Blocos estruturais de concreto

Alvenaria Estrutural é o processo construtivo aonde os elementos – nesse caso blocos de concreto - que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de maneira racional (CAMACHO, 2006).

✓ **Vantagens e desvantagens**

A primeira vantagem que pode ser mencionada, segundo Camacho (2006), é a redução de custos devido às técnicas empregadas tanto de projeto, quanto de execução. A economia de formas e escoramentos é um exemplo que reflete diretamente na minimização dos gastos. Além disso, outro fator determinante nesse contexto é a menor diversidade de materiais empregados, fazendo com que dessa maneira, isso colabore também para a redução em possíveis atrasos da obra relacionados a falta de materiais, equipamentos e mão de obra. Assim sendo, segundo o autor, a necessidade de mão de obra especializada é reduzida, sendo a mesma necessária apenas para a execução da alvenaria. Esses fatores em conjunto contribuem para uma agilidade executiva maior.

Pedroso e Pimenta (2005) também classificam as mesmas vantagens do sistema em questão como pontos positivos principais ao mencionares que trata

– se de um sistema que elimina desperdícios e entulhos na obra. Esse fato é justificado pelos autores devido os blocos possuírem tamanhos diferenciados, tornando possível o dispêndio do uso de fôrmas e consumo excessivo de aço, por exemplo. Essa minimização de material, segundo ainda os autores mencionados anteriormente, é responsável por reduzir gastos, o que, por sua vez, não é muito comum na realidade da construção civil. Outro ponto abordado por Pedroso e Pimenta (2005) é que todas as esquadrias e instalações de energia elétrica, telefone e hidrosanitária podem ser executadas em paralelo com a estrutura da obra, tornando possível a conclusão da obra na metade do tempo, em comparação ao sistema convencional em concreto armado ou a prática muito comum do uso de blocos de vedação com função estrutural em habitações térreas e sobrados. Os autores mencionam que a redução de custo para produção em larga escala pode chegar até a 25 %.

Quadro 5 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO

Vantagens	Desvantagens
Economia de madeira para formas; Redução no uso de concreto e ferragens; Facilidade de treinar mão-de-obra qualificada; Simplificação no detalhamento de projetos; Construção mais rápida; Necessidade menor de quantidade de trabalhadores; Boa resistência ao fogo; Boas características de isolamento termo-acústico;	As paredes portantes só podem ser removidas com substituição por outro elemento de mesma função; A arquitetura original não pode sofrer modificações significativas. O projeto arquitetônico fica mais limitado; As possibilidades de vãos livres são mais restritas

Fonte: Elabora pela Autora

2.4.2 Cobertura

Boin et al. (2010) mostram que como forma de viabilização regional, o material da cobertura poderá ser bastante diferenciado em função da própria disponibilidade local. Ele apresenta duas opções de materiais possíveis a serem implementados nesse contexto. A primeira delas são as telhas de fibrocimento que apresentam grande precisão dimensional, disponibilidade de cores e alta resistência, que segundo o autor, se levar em consideração a

contínua redução de preços graças à instalação de novas fábricas por todo o país, têm - se uma opção altamente competitiva. As telhas cerâmicas – segunda alternativa - representam conforto visual bastante apreciado e flexível, além de grande disponibilidade a baixo custo em todo o país.

Siqueira (2011), por sua vez, afirma que para a cobertura de uma habitação sustentável, a melhor opção seria o telhado verde. Ele pode ser aproveitado para pequenas hortas, e sua ajuda no conforto térmico é imprescindível nesta região. Dessa forma, a população de baixa renda teria benefício em longo prazo, cumprido assim o objetivo da sustentabilidade.

2.4.2.1 Telhas cerâmicas

O método de fabricação de telhas cerâmicas é muito próximo da fabricação de tijolos cerâmicos. Apresenta algumas particularidades, como por exemplo, o fato de o barro ser mais fino e mais homogêneo, nem muito gordo e nem muito magro. Essas características são requeridas visando uma maior impermeabilidade da mesma sem grande deformação no cozimento Bauer (2007).

Figura 13 - Ciclo de vida dos produtos cerâmicos



Fonte: ACV (2015)

✓ Vantagens e desvantagens

Como vantagens a Infocer (2012) menciona primeiramente o fato de no processo de produção das telhas em questão o gasto com a água ser minimizado. Além disso, é apontado o uso de energia renovável como uma grande vantagem da mesma. Trata - se também de uma cobertura relativamente leve. Outro fator determinante é o fato de que as emissões de

CO₂ na fabricação do material cerâmico são baixas pois faz uso de resíduos de madeira como fonte de calor. Ainda de acordo com a mesma fonte bibliográfica, outra vantagem que cabe mencionar é o uso de biomassa nos fornos das cerâmicas. Como exemplo dessas biomassas têm – se cascas de arroz e de coco, castanha, amendoim, algodão, café, palhas de coco e carnaúba, bagaço de cana de açúcar, entre outros. Os materiais mencionados anteriormente, caso não sejam reutilizados, liberam metano, um gás que segundo a fonte, apresenta potencial de aquecimento atmosférico 21 vezes superior ao do próprio dióxido de carbono.

Ainda de acordo com a fonte anterior, o fato de que materiais cerâmicos são inorgânicos é extremamente relevante, sendo obtidos a partir de matérias-primas naturais (argilas). De acordo com o autor o mesmo requer altas temperaturas para a sua produção, sendo que assim a energia incorporada inicial é bastante elevada. Entretanto, por se tratar de materiais resistentes e duráveis, o seu ciclo de vida é longo, ou seja, o impacto da energia associada à sua produção pode ser compensado pela sua durabilidade.

Quadro 6 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - TELHAS CERÂMICAS

Vantagens	Desvantagens
Pode ser reciclado; Boa resistência ao fogo Boa resistência a agentes químicos Facilidade na manutenção Pode fazer uso de biomassa nos fornos de sua fabricação Bom isolamento térmico e acústico; Grande durabilidade	É produzido a partir de queima; Necessidade de manutenção média – alta;

Fonte: Elaborada pela Autora

2.4.2.2 Telhas de fibrocimento

As telhas de fibrocimento são extremamente conhecidas dos brasileiros. São formadas por fibras de amianto e cimento, e fabricadas em diversos modelos.

Tratam – se de materiais muito versáteis e apresentam como ponto positivo a possibilidade de vencer vãos consideráveis sem a necessidade de apoios intermediários. Com isto, adquire - se espaço interno e reduz os custos na

estrutura de suporte do telhado (PEZENTE, 2016). Em relação as vantagens as telhas de fibrocimento são caracterizadas por apresentarem grande resistência a atmosferas agressivas, sem correr risco de corrosão. Apresentam também elevada resistência mecânica e baixo peso. Além disso, se caracterizam por apresentarem bom desempenho acústico e serem duráveis. De acordo com a fonte pesquisada.

2.4.2.3 Telhado verde

De acordo com Baldessar (2012) os telhados verdes, por longo período da história da arquitetura, vêm sendo utilizados, porém com conotações diferentes. Suas motivações foram estéticas, vernaculares, lazer, ecológicas e por fim sustentáveis. Por este último motivo é que hoje procura-se implantar maiores quantidades de telhados verdes nas cidades utilizando-os como um mecanismo de eficiência energética, de conforto térmico e acústico e um potencial redutor da vazão de água pluvial escoada. O telhado verde pode ser executado sobre os mais diversos acabamentos (GATTO, 2012).

De acordo com Legen (1997) eles costumam ser de fácil trabalhabilidade, de tal maneira que a mão de obra empregada nem sempre é especializada. O autor afirma ainda que coberturas simples de telhado verde podem ser feita por mutirões.

Gatto (2012) expõe em sua pesquisa as principais vantagens e desvantagens do telhado mencionado anteriormente. Ele cita, por exemplo, como ponto positivo, o isolamento acústico, já que as plantas diminuem o barulho através da absorção da energia sonora em energia de movimento e calórica.

O principal isolamento, porém, de acordo com Minke (2004) é o térmico. O autor explica que o colchão de ar presente nessa cobertura forma uma camada isolante. Dessa maneira, uma parte da radiação solar é refletida, e outra é absorvida pela vegetação, de tal forma que as mesmas não se dispersam no ambiente.

No âmbito das desvantagens, o Gatto (2012) pontua a manutenção. Esta, por sua vez, se trata de um processo mais sistemático visto que é um ser

vivo. Há ainda poucos estudos sobre a gestão dos problemas gerados na aplicação, na execução, durante seu funcionamento, e a respeito da sua vida útil. Outro aspecto importante é que existe a necessidade de pesquisas que permitam realizar a análise do custo e dos benefícios do sistema, assim como avaliações a curto, médio e longo prazo do sistema para que se torne possível adapta – lo da melhor maneira possível as variações climáticas, sociais e econômicas de cada lugar.

2.4.3 Esquadrias

Santos e França (2011) afirmam que o custo da esquadria é um aspecto de impacto e importância, entretanto a busca pela redução do preço das construções não deve resultar no empobrecimento das soluções de tal maneira que o âmbito social seja prejudicado, e a edificação ande em direção contrária a sustentabilidade, tanto porque o investimento da construção acaba se perdendo em uma variável de tempo reduzida, criando ainda mais obstáculos para a busca por parte da população de baixa renda por uma melhor qualidade de vida, quanto porque o descarte prematuro deste material causa impactos ambientais que podem e devem ser evitados.

Satller (2007) organiza no quadro abaixo as variáveis ambientais e suas respectivas influências na escolha dos materiais das esquadrias:

Figura14 - Projeto das esquadrias e influência ambiental

Conteúdo de ordem ambiental x projeto das esquadrias	
Variáveis (conhecer)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para)
Meio ambiente (urbano, marítimo, rural, industrial, etc.)	Escolha dos materiais e acabamentos das ferragens Escolha do acabamento superficial (pintura) Escolha da funcionalidade relacionada à manutenção
Clima (ventos, umidade, radiação solar, etc.)	Escolha dos acessórios de vedação (borrachas, escovas, selantes) Escolha do acabamento superficial (pintura) Escolha dos complementos e tipo de vidro
Agentes agressivos internos (condensação, gordura, etc.)	Relacionado com o sistema de drenagem Escolha dos materiais de acabamento Orientação para o desenho da esquadria
Destino do compartimento (sala, dormitório, cozinha, banheiro, etc.)	Escolha da funcionalidade mais adequada Escolha dos complementos (veneziana, grade, persiana, tela mosquiteiro) Escolha do tipo de vidro Dimensionamento das esquadrias relacionado com a iluminação e ventilação, para atender à legislação
Ocupação de espaço ao funcionar	Adequação aos equipamentos e mobiliário Verificação da possibilidade de gerar acidente com os usuários Verificação de interação com os complementos

Fonte: Satller (2007)

Em relação aos materiais já encontrados em construções com essa finalidade, o estudo de Santos e França (2011) apresentou a análise de alguns projetos e suas respectivas esquadrias. Uma dessas construções foi um conjunto habitacional de 508 unidades aonde para as esquadrias e para a folha da porta de entrada foi utilizado um sistema de bascula horizontal em ferro, com vidro fantasia ou transparente igualmente para todos os cômodos da casa. Assim sendo, os autores pontuam que para otimizar o desempenho estrutural da alvenaria, as aberturas tinham orientação vertical, de modo a suprimir a necessidade de vergas, e paralelamente fornecer a dimensão adequada dos vãos.

Campos e Ferraz (2015) ainda apontam como preferencial o uso da madeira, tomando como base o comparativo do consumo de energia para fabricar uma esquadria de madeira em relação as de alumínio. A produção da primeira pode reduzir os gastos energéticos em até 5 mil vezes em relação as de alumínio, além de contribuir, por exemplo, para o conforto térmico.

Entretanto, além do tratamento necessário para impedir a degradação da esquadria, como por exemplo, o uso de duas camadas de óleo de linhaça naquelas que ficarão expostas ao ambiente, é necessário também que seja analisada questões como: disponibilidade da madeira no ambiente a ser

executado o projeto, capacidade e tempo que se leva para a plantação da mesma, e uma série de outras questões ambientais nas quais a madeira está envolvida de forma tão minuciosa.

Se não for utilizada de maneira racional, a mesma representa um dos principais materiais que representam um obstáculo para se atingir na prática o conceito de construção sustentável. De acordo com Araujo (2005, p. 4) é essencial identificar os principais materiais que devem ser evitados ou que apresentam restrições quando o assunto são as construções verdes:

É importante evitar ou minimizar o uso de materiais sobre os quais parem suspeitas ou que reconhecidamente acarretam problemas ambientais, tais como o PVC (policloreto de vinil), que gera impactos em sua produção, uso e descarte/degradação (sua queima gera ácido clorídrico e dioxina) e alumínio (que provoca grandes impactos ambientais para sua extração e requer imensos gastos energéticos durante sua produção e mesmo reciclagem, se comparado a outros materiais). Outros produtos, quando na ausência de opções mais eco-eficientes, devem ser usados criteriosamente quando no interior da edificação, caso de materiais compensados ou de madeira recomposta, como os OSBs e MDFs, que contêm em sua elaboração adesivos à base de formaldeído (substância tóxica) e que não são recicláveis ou mesmo biodegradáveis

2.4.3.1 Alumínio

De acordo com Bauer (2007) o alumínio é um dos elementos químicos de meia ocorrência na natureza. A bauxita representa na composição o minério de maior concentração deste elemento, tendo aspecto semelhante ao barro. A bauxita é submetida ao processo de moagem. Posteriormente, passa por diversos processos que a transformam em alumina ou óxido de alumínio. A etapa conhecida como eletrólise tem a finalidade de finalizar o processo para a obtenção do alumínio, que por sua vez, contém alto teor de pureza (99,5%).

✓ Vantagens e desvantagens

De acordo com Schmidt (2009) o alumínio apresenta como principais pontos positivos na utilização em esquadrias para a construção civil características como a leveza, função estrutural, baixa manutenção e possibilidade de fabricação de esquadrias nos mais diversos modelos, com design atualizado e geometria livre. Além disso, o autor aponta para o fato do material ser resistente a corrosão, sendo que quando submetido aos tratamentos superficiais, como a anodização ou pintura apropriada, sua

resistência é ampliada. Além disso, o alumínio apresenta como propriedade a não oxidação como o ferro, e não perde o brilho, garantindo dessa maneira maior durabilidade. O custo do material geralmente é maior se comparado com a madeira e o ferro, porém resiste melhor às condições naturais, é de fácil aplicação, dispensa serviços extras tais como lixamento, pintura e conservação periódica, resultando, portanto, em economia. Schmidt (2009) destaca ainda para a existência de perfis que impedem a passagem da temperatura, do ambiente externo com o interno, gerando assim um conforto térmico com economia de energia.

De acordo com Araujo (2007) o uso do alumínio não é favorável a dimensão ambiental da sustentabilidade, visto que o mesmo requer imensos gastos energéticos no seu processo de produção. Sampat (2003) afirma que a extração, o processamento e o refino de minerais são extremamente expressivos no âmbito de gasto energético. Entre 7% e 10% de todo petróleo, gás, carvão e energia hidrelétrica produzidos anualmente em todo o mundo são utilizados para extrair e processar minerais (SAMPAT, 2003). O autor afirma ainda que esse valor, apesar de já ser grande, ainda não está incluso a energia consumida no transporte desses minerais depois de produzidos. Nesse contexto, o alumínio, juntamente com mais dois materiais - cobre e aço - consomem 7,2% da energia total mundial, em termos comparativos esse gasto, segundo o autor, supera o consumo anual de toda a América Latina.

Brown (2003) também destaca negativamente o alumínio fazendo referência ao seu pesado ônus ambiental, tanto na mineração quanto na fundição. A ocorrência do minério de bauxita se dar em finas camadas, fazendo com que a extração em minas a céu aberto gere grandes impactos ambientais. Ainda de acordo com Brown (2003), para cada tonelada de alumínio que é produzida, é gerada uma tonelada de lama vermelha. Essa lama vermelha, por sua vez, trata-se de uma mistura cáustica de produtos químicos. Ela permanece sem tratamento em grandes lagoas biologicamente mortas. Ou seja, contribui para a poluição tanto dos mananciais superficiais quanto dos subterrâneos.

Sousa (2010) ressalta que o grupo de metais no qual o alumínio está inserido é caracterizado por englobar materiais com elevada energia

incorporada, requerendo, portanto, altas quantidades de energia no seu processo produtivo. O autor afirma que dessa maneira os mesmos podem ser classificados como responsáveis também pela emissão de substâncias perigosas para o ambiente, principalmente CO₂. Apesar disso, apresenta – se como vantagem o fato de que muitos deles podem ser recicláveis, como o alumínio. Essa reciclagem, porém, no caso do alumínio, demanda mais energia do que na produção propriamente dita. Ou seja, a reciclagem torna – se inviável sustentavelmente falando.

Quadro 7 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - ALUMÍNIO

Vantagens	Desvantagens
Não requerem gastos com lixamento, pintura, e conservação periódica; Apresentam baixo peso específico; Durabilidade alta; É inderfomável e maleável; Capaz de assumir as mais variáveis formas de esquadrias; É leve;	Consome um valor altíssimo de energia no seu processo de produção; Emite substâncias perigosas para o meio ambiente (CO ₂ e etc); Reciclagem demanda muita energia;

Fonte: Elaborado pela Autora

2.4.3.2 Madeira

A madeira pode ser considerada a primeira matéria-prima utilizada na fabricação de esquadrias (ABCI, 1991). Fernandes (2004) destaca 70 entre as 200 madeiras nativas brasileiras que são apropriadas para a confecção de esquadrias. Para a madeira ser considerada sustentável, no entanto, ela tem que possuir um certificado que comprove o uso regular da mesma. De acordo com Araújo (2012) a certificação florestal representa a garantia dada ao consumidor de que determinado produto vem de manejo florestal ambientalmente adequado, socialmente justo e economicamente viável. Em outras palavras, os produtos que apresentam o selo de certificação são aqueles produzidos com madeira de florestas certificadas. Não cabe, portanto, ao consumidor o conhecimento dos critérios que levam a classificação de uma madeira viável para produção sustentável, ele precisa de uma instituição de credibilidade que garanta que aquele produto está presente em sua edificação em parceria com o meio ambiente.

✓ **Vantagens e desvantagens**

De acordo com Alves (1999) a madeira é há muito tempo amplamente utilizada na construção civil devido principalmente à sua facilidade no preparo industrial, a sua baixa densidade, e a grande resistência mecânica. Trata – se de um material renovável, cujo método de processamento exige baixo consumo de energia. Além disso, apresenta bons índices de resistência e rigidez em relação ao peso e facilidade de modelagem, pois não exige o uso de ferramentas complexas (MADEIRA, 2001). As principais características das madeiras adequadas à produção de esquadrias são a variabilidade de cores, a oleosidade, o brilho, a fácil trabalhabilidade, estabilidade, visto que não está propensa ao empenamento e não racham com facilidade, a alta resistência a intempéries, resistência ao ataque de cupins, e a aceitação do mercado. (FERNANDES, 2004).

Uriartt (1999) aponta como uma das desvantagens a possível degradação de suas propriedades e o aparecimento de tensões internas, oriundas de mudanças em sua umidade. Além disso o autor menciona como ponto negativo as particularidades e anisotropia de sua constituição fibrosa orientada. Assim sendo, essas características, aliadas a limitação de suas dimensões e a deterioração ou alteração de sua durabilidade quando em contextos que contribuem para a proliferação dos principais agentes de deterioração – fungos e insetos – formam o conjunto de principais desvantagens do material como base para a construção de esquadrias.

Quadro 8 - Quadro síntese das vantagens e desvantagens - MADEIRA

Vantagens	Desvantagens
Boa resistência mecânica aos esforços de compressão e aos esforços de tração na flexão; Resistência satisfatória a substâncias químicas inorgânicas concentradas e sob ação prolongada; Resiliência alta; Propriedades satisfatórias em relação ao isolamento térmico e acústico; Apresenta custo reduzido de produção; Necessidade de manutenção baixa;	<ul style="list-style-type: none"> • Combustibilidade; • Heterogeneidade; • Facilidade de ser atacada por fungos e bactérias;

Apresenta ampla possibilidade de padrões estéticos e decorativos;	
---	--

Fonte: Elaborado pela Autora

2.4.3.3 Ferro

Rodrigues (2015) menciona a fácil disponibilidade no mercado do respectivo material, fazendo com os custos do mesmo sejam relativamente baixos. Além disso, o autor afirma que o material pode ser facilmente personalizado. Como pontos negativos, porém, Rodrigues (2015) afirma que o material é bastante susceptível aos efeitos da corrosão. Em outras palavras, o material requer constante manutenção. É necessário, por exemplo, a conservação com pintura, para evitar o progresso da corrosão e consequentemente a degradação do material. Voltando para a questão do custo, Carli, Batista e Vecchia (2013) afirmam que O ferro é mais barato que a madeira e o alumínio, evidenciando também a facilidade de moldagem e a segurança do material. É também um material totalmente reciclável. O ponto negativo principal, portanto, é o fato de se oxidar facilmente, perdendo, com o tempo, sua resistência.

2.5 Priorização de critérios para avaliação de sustentabilidade comparativa de materiais

A definição de materiais dentro do contexto da sustentabilidade representa uma série de pontos relevantes, como por exemplo, o fato de que a relação da sustentabilidade dos materiais envolve decisões incorporadas de incertezas e variáveis subjetivas (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Assim sendo, por um lado a sustentabilidade se caracteriza pela complexidade e diversidade de informações; por outro, porém, existe um movimento crescente para melhor usabilidade, baseado na simplicidade (MATEUS; BRAGANÇA, 2011). A visão de sustentabilidade e os critérios a serem priorizados variam de acordo com os autores. Como já mencionado anteriormente, não tem como um material ser considerado 100% sustentável em todas as categorias existentes na bibliografia. Torna – se necessário, portanto, trabalhar com índices de sustentabilidade. Para isso, é necessário definir quais critérios serão de fato considerados para a escolha desses índices. Assim sendo, é importante apontar alguns estudos que nortearam a posterior elaboração da ficha de

avaliação de critérios de materiais sustentáveis na presente pesquisa.

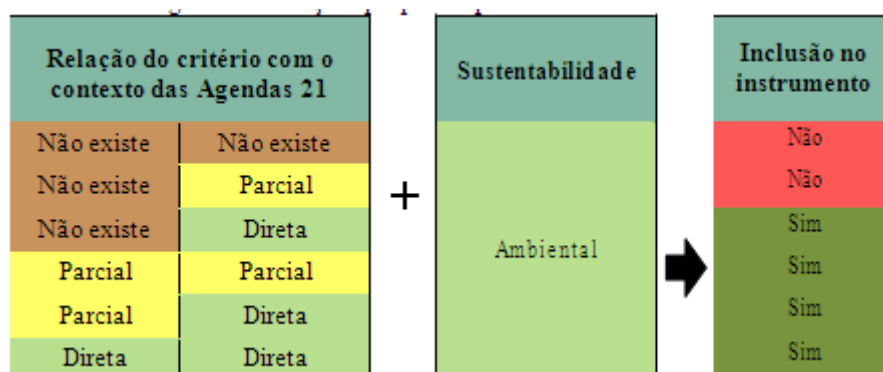
2.5.1 ISMAS

Um instrumento utilizado para a distinção de forma ampla do materiais sustentáveis daqueles que não são, segundo Paes (2008), 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. Para a elaboração desse instrumento, a autora em questão estabeleceu critérios para a análise sustentável e contextualizou os mesmos com itens da Agenda 21, conforme verificado abaixo.

Dessa forma, para permanecer na versão proposta para o ISMAS, foi estabelecido que os critérios tivessem minimamente uma relação “Direta” com um dos itens considerados no contexto das Agendas 21, ou relação “Parcial” com os dois itens abordados nas Agendas 21. Além disso, a inclusão do critério no instrumento também foi condicionada a existência de relações com a dimensão ambiental da sustentabilidade (...) (BISSOLI – DAVI, 2014, p. 114).

Dessa maneira, a figura abaixo, sintetiza como foi realizada a definição dos parâmetros a serem adotados no ISMAS. Vale ressaltar, mais uma vez, que o ISMAS buscou atender apenas a dimensão ambiental da sustentabilidade.

Figura 15 - Relações propostas para o recorte dos critérios



Fonte: Bissoli - Dalvi (2014)

Inicialmente os critérios apontados por Bissoli – Dalvi (2014) foram reunidos e classificados conforme na lista abaixo:

Figura 16 - Conjunto de possibilidade de critérios para a criação do ISMAS

CATEGORIA	CRITÉRIOS	
Adequabilidade	1	A mão de obra é viável economicamente
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto
	3	As características geométricas do material favorecem a modulação
	4	Favorece a adaptabilidade para diferentes usos
	5	O material é viável economicamente
	6	Utiliza o mínimo possível de embalagem
Desempenho	7	O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado
	8	O material possui adequado desempenho lumínico para a situação em que está sendo utilizado
	9	O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado
	10	A procedência do material está inserida nas distâncias pré-
Energia	11	Os processos favorecem a redução da energia incorporada
	12	Pode ser utilizado com mínimo processamento
	13	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos
Legalidade	14	As organizações investem em equipamentos de segurança
	15	As organizações pagam o salário mínimo profissional
	16	As organizações possuem projetos de responsabilidade sócio
	17	As organizações possuem regularidade junto ao Governo Federal
	18	Contribui positivamente para o marketing sustentável
	19	Cumprir com as normas técnicas correspondentes ao mesmo
	20	O material não está proibido
Economia de Matérias-primas	21	Possui certificação ambiental
	22	A durabilidade independe de manutenção
	23	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte
	24	É renovável
	25	Dispensa materiais adicionais para acabamento
	26	Possui elementos reciclados

Geração e gestão de resíduos	27	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento
	28	Favorece a baixa geração de resíduos
Emissões	29	Não emite odores
	30	Não emite substâncias prejudiciais à saúde

Fonte: Bissoli – Dalvi (2014)

Posteriormente, conforme já mencionado a autora tratou de enxugar a lista se baseando na junção de critérios com dimensão ambiental e vínculo dos mesmos com a Agenda 21. Assim sendo, os critérios a serem de fato utilizados no ISMAS restantes da lista anterior foram os seguintes: a durabilidade independe de manutenção; é possível ser reaproveitado no todo ou em parte; é renovável; dispensa materiais adicionais para acabamento; possui elementos reciclados; favorece a desmontagem visando o reaproveitamento e favorece a baixa geração de resíduos (BISSOLI – DALVI, 2014).

Figura 17 - Itens que entrou para o ISMAS

CATEGORIAS/ CRITÉRIOS			CONTEXTO DAS AGENDAS 21						Relação do critério com a sustentabilidade
			Relação do critério com a economia de matérias primas			Relação do critério na produção e destino dos resíduos			
			Não existe	Parcial	Direta	Não existe	Parcial	Direta	
Economia de Matérias primas	1	A durabilidade independe de manutenção			%			%	%
	2	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte			%			%	%
	3	É renovável			%	%			%
	4	Dispensa materiais adicionais para acabamento			%	%			%
	5	Possui elementos reciclados			%		%		%
Geração e gestão de resíduos	6	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento		%			%		%
	7	Favorece a baixa geração de resíduos	%					%	%

Fonte: Bissoli – Dalvi (2014)

Essa ferramenta está disponível no site:

<http://lppufes.org/ismas1/conclusao.php>

E os materiais possíveis de teste já são pré-estabelecidos pela plataforma, e deve ser marcado no início da avaliação. Segue abaixo os materiais nos quais estão disponíveis a aplicação do teste na plataforma:

Quadro 9 - Materiais do ISMAS

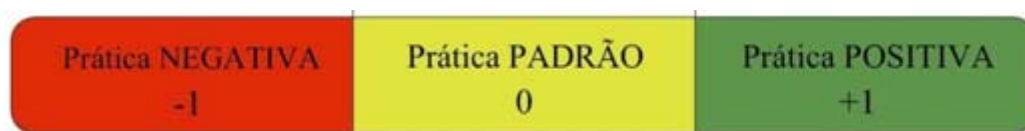
Vedação vertical interna	Revestimento para parede
Chapa de <i>drywall</i>	Cerâmica
Concreto	Madeira plástica
Madeira	Mármore
PVC	Papel de parede
Tijolo Cerâmico	Tinta
Tijolo de Solo cimento	

Fonte: Bissoli – Dalvi (2014)

O instrumento apresenta um sistema de pontuação em peso, aonde cada variável corresponde a um x valor de acordo com o grau de importância definidos no estudo (BISSOLI – DALVI, 2014).

A pontuação, portanto, é feita de acordo com a ilustração abaixo, e posteriormente os pesos são atribuídos de acordo com cada um dos sete critérios para que se possa chegar à conclusão do índice de sustentabilidade do material selecionado.

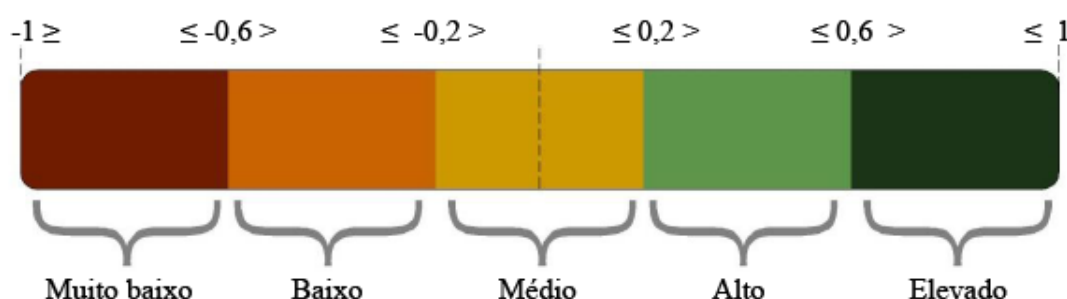
Figura 18 - Escala de graduação para a avaliação de cada critério no ISMAS



Fonte: BISSOLI – DALVI (2014, p. 117)

Os materiais são classificados de acordo com o seu índice de sustentabilidade conforme figura abaixo:

Figura 19 - Escala do índice de sustentabilidade e sua respectiva classificação do ISMAS



Fonte: Bissoli – Dalvi (2014)

2.5.2 Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais

Outro estudo base para a elaboração da ficha de avaliação para

materiais sustentáveis foi a pesquisa de Silva (2013), que visou elaborar um instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais para projetos que visam se enquadrar nos padrões de sustentabilidade atuais. A pesquisadora em questão deu origem ao seu respectivo instrumento de pré-avaliação a partir de pesquisas bibliográficas que embasaram a mesma e permitiram a elaboração de 10 categorias propostas para a seleção de materiais denominadas de lista de recomendações, conforme verificado abaixo:

Figura 20 - Critérios para pré avaliação de sustentabilidade de materiais

Recomendação		Origem
1.	Reutilizar	Diretrizes propostas a partir da análise dos Sistemas de Certificação Ambiental.
2.	Reciclar	
3.	Renovar	
4.	Vida Útil	
5.	Certificação	
6.	Reabilitar Edificação	
7.	Conforto	Diretrizes propostas a partir da análise dos conceitos de sustentabilidade adequados à realidade do país.
8.	Cultura	
9.	Água	
10.	Energia	

Fonte: Silva (2013)

Dessa forma, cada uma dessas recomendações teve seus respectivos itens especificados e debatidos, de tal maneira que o questionário final da autora levou em consideração todas essas abordagens.

2.5.3 Considerações para a sustentabilidade na construção civil

Teodoro (2011) trouxe importantes considerações também acerca dos critérios a serem considerados em um possível instrumento de avaliação de sustentabilidade de determinado material. Além de critérios arquitetônicos, o autor destaca a atenção para quatro itens fundamentais, são eles:

- Energia incorporada no material – Deve-se levar em consideração o gasto energético relacionado com a energia incorporada do material no seu ciclo de vida;
- Potencial de reutilização e reciclagem dos materiais – O seu desgaste durante o ciclo de vida, é fator determinante para o fato de que alguns materiais apresentam possibilidades de serem reutilizados e reciclados

posteriormente e outros que não têm esse potencial;

- Toxicidade do material – É extremamente importante pontuar que certos materiais, por serem tóxicos para o meio ambiente e para os humanos, não tem recomendação para serem utilizados.
- Custos econômicos associados ao ciclo de vida dos materiais – Os custos de manutenção, reabilitação, demolição e eliminação não devem ser desconsiderados, visto que, um investimento inicial superior pode até significar, muitas vezes, obras economia no futuro.

2.5.4 Habitação 1.0

O termo Casa 1.0 busca um comparativo com os carros populares, que atingiram enorme sucesso na última década. Características como produção em série, padronização de processos construtivos, utilização de materiais testados e aprovados dão origem a um conjunto produção extremamente relevante para reduzir o déficit habitacional brasileiro, sendo, porém, bem mais complexo. Para a maioria dos brasileiros, a aquisição da casa própria é o objetivo de vida. Por isso, essa respectiva habitação deve ser duradoura e admitir adaptações, personalização e ampliação. Pelo contrário, portanto, a industrialização da construção não deve resultar em unidades habitacionais mal resolvidas, limitadas, frágeis e insalubres (MANUAL DE HABITAÇÃO 1.0).

Assim sendo, o manual de habitação 1.0 apresenta uma série de características essenciais também para a escolha de materiais a serem levados em consideração na escolha para uma casa modelo no assunto aqui abordado. Vale ressaltar que sustentabilidade está atrelada com o contexto de cada caso. Assim sendo, os critérios do manual de habitação 1.0, entre outros, são os seguintes:

- Reduzir custos de construção por meio de projetos racionalizados e do uso de materiais e tecnologias comprovadamente eficazes;
- Compatibilizar os projetos arquitetônicos, estruturais, de instalações entre si e com as tecnologias e materiais empregados;







- Projetar ambientes visando o conforto do usuário: bem ventilados, iluminados e adequados para receber móveis com dimensões comerciais;
- Possibilitar ampliações e modificações pelo usuário, sem comprometer as características do projeto original;
- Utilizar materiais e tecnologias locais e acessíveis;

2.6 Critérios de avaliação de sustentabilidade de certificações ambientais oficiais

2.6.1 LEED

O LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) foi criado pelo USGBC (*U.S. Green Building Council*), instituição que apresenta como finalidade promover edifícios sustentáveis, de tal maneira que o ambiente seja saudável para se viver e trabalhar (LEITE, 2011). O Autor afirma que em 2007 iniciou - se no Brasil o GBCB (*Green Building Council Brazil*), órgão não governamental vinculado ao USGBC que apresenta como finalidade ajudar o desenvolvimento da construção sustentável brasileira. O programa em questão é baseado principalmente no ciclo de vida de uma edificação, podendo ser aplicado em qualquer empreendimento. O selo obtido em tal certificação é uma confirmação de que critérios considerados essenciais como desempenho em termos de energia e água, minimização de emissão de CO₂, qualidade do interior dos ambientes, uso de recursos naturais e impactos ambientais foram atendidos de maneira satisfatória. (LEITE, 2011). Dessa forma, segue abaixo o item das categorias de avaliação que o LEED abrange.

Figura 21 - Critérios que o LEED engloba

Áreas chave (Key Area)		CRITÉRIOS
	Sustentabilidade do Sítio (SS)	Erosão e controle de sedimentação, Seleção do local, re desenvolvimento urbano, re desenvolvimento de locais ambientalmente contaminados, Transporte, Redução dos distúrbios provocados pela construção, gestão de situações de mau tempo, recuperação e proteção de espaços abertos, paisagem e design exterior e redução da saída de radiação de luz direta.
	Gestão de Água (WE)	Eficiência na utilização de água, Tecnologias inovadoras de tratamento
	Energia e Atmosfera (EA)	Instrução fundamentais dos sistemas do edifício, desempenho energético mínimo, redução de CFC's, Energias renováveis, instruções adicionais, medição e verificação, energia verde e degradação da camada de ozono
	Materiais e Recursos (MR)	Recolha e Armazenamento de Materiais Recicláveis, reutilização do edifício, gestão de resíduos de construção, reutilização de recursos, conteúdo reciclado dos materiais, materiais locais/regionais, materiais rapidamente renováveis e madeira certificada
	Qualidade Ambiental Interna (IEQ)	Informação sobre medidas inovadoras incorporadas no projeto e quais os seus benefícios sustentáveis
	Inovação e Processos de Projeto (ID)	Desempenho mínimo de qualidade do ar interior, controle interior do fumo do tabaco, monitorização do dióxido de carbono, eficiência crescente da ventilação, plano de gestão da qualidade do ar interior, materiais de baixa emissão de COV's, capacidade de controlar sistemas, conforto térmico, iluminação natural e vistas

Fonte: USGBC(2010).

A categoria Material e recursos – tema central do estudo aqui realizado – tem seus itens detalhados na imagem abaixo:

Figura 22 - Critérios relacionados a materiais

Yes	?	No	Materiais e Recursos		14 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 1	Depósito e Coleta de materiais recicláveis	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1.1	Reuso do edifício, Manter Paredes, Pisos e Coberturas Existentes	1 a 3
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Reuso de 55%	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Reuso de 75%	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Reuso de 95%	3
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1.2	Reuso do Edifício, Manter Elementos Internos não estruturais	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 2	Gestão de Resíduos da Construção	1 a 2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Destinar 50% para o reuso	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Destinar 75% para o reuso	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 3	Reuso de Materiais	1 a 2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Reuso de 5%	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Reuso de 10%	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4	Conteúdo Reciclado	1 a 2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		10% do Conteúdo	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		20% do Conteúdo	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 5	Materiais Regionais	1 a 2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		10% dos Materiais Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		20% dos Materiais Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 6	Materiais de Rápida Renovação	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 7	Madeira Certificada	1
Yes	?	No			

Fonte:USGBC(2010)

2.6.2 AQUA

Pereira (2015) afirma que a certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é de origem francesa e sua adaptação no Brasil consiste em uma certificação nacional, voltada para residências e prédios comerciais.

No Brasil, a Fundação Vanzolini, instituição privada sem fins lucrativos, foi a responsável pela implantação do processo aqui descrito. O mesmo apresenta como finalidade garantir a qualidade ambiental de um empreendimento novo de construção ou reabilitação utilizando-se de auditorias independentes. (LEITE, 2011)

Segue abaixo quadro com os critérios de avaliação a serem considerados pelo AQUA.

Figura 23 - Categorias para certificado de sustentabilidade do AQUA

Controle dos impactos sobre o ambiente externo		Criação de um ambiente interno confortável e saudável	
Sítio e construção		Conforto	
Categoria 01	Relação do edifício com o seu entorno	Categoria 08	Conforto higrotermico
Categoria 02	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	Categoria 09	Conforto acustico
Categoria 03	Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	Categoria 10	Conforto visual
Gestão		Categoria 11	Conforto olfativo
Categoria 04	Gestão de energia	Saúde	
Categoria 05	Gestão de agua	Categoria 12	Qualidade sanitária dos ambientes
Categoria 06	Gestão de resíduos de uso e operação do edificio	Categoria 13	Qualidade sanitária do ar
Categoria 07	Manutenção - Permanência do desempenho ambiental	Categoria 14	Qualidade sanitária da água

Fonte:Fundação Vanzolini (2015)

2.6.3 Selo Casa Azul

De acordo com a Caixa Econômica Federal (2016), o selo casa azul é uma classificação socioambiental dos projetos habitacionais financiados pela respectiva instituição. Apresenta como finalidade promover o uso racional de recursos naturais nas construções e paralelamente a ascensão da qualidade da edificação. Assim sendo, o selo serve para identificar projetos que se baseiam em soluções eficientes na construção, uso, ocupação e manutenção dos edifícios.

No quadro abaixo pode – se observar a síntese dos critérios levados em consideração na certificação aqui mencionada não só no contexto dos materiais, mas sim de forma geral.

Quadro 10 - Categorias, critérios e classificação (Selo azul caixa)

QUADRO RESUMO – CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
CATEGORIAS/CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO		
1. QUALIDADE URBANA	BRONZE	PRATA	OURO
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	obrigatório	critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	obrigatório		
1.3 Melhorias no Entorno			
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas			
1.5 Reabilitação de Imóveis			
2. PROJETO E CONFORTO			
2.1 Paisagismo	obrigatório		
2.2 Flexibilidade de Projeto			
2.3 Relação com a Vizinhança			
2.4 Solução Alternativa de Transporte			
2.5 Local para Coleta Seletiva	obrigatório		
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	obrigatório		
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	obrigatório		
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	obrigatório		
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns			
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno			
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	obrigatório p/ HIS - até 3 s.m.		
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	obrigatório		
3.3 Sistema de Aquecimento Solar			
3.4 Sistemas de Aquecimento à Gás			
3.5 Medição Individualizada - Gás	obrigatório		
3.6 Elevadores Eficientes			
3.7 Eletrodomésticos Eficientes			
3.8 Fontes Alternativas de Energia			
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS			
4.1 Coordenação Modular			
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes	obrigatório		
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados			
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	obrigatório		

QUADRO RESUMO – CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
CATEGORIAS/CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO		
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	BRONZE	PRATA	OURO
4.5 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	obrigatório	critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha
4.6 Concreto com Dosagem Otimizada			
4.7 Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)			
4.8 Pavimentação com RCD			
4.9 Facilidade de Manutenção da Fachada			
4.10 Madeira Plantada ou Certificada			
5. GESTÃO DA ÁGUA			
5.1 Medição Individualizada - Água	obrigatório		
5.2 Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	obrigatório		
5.3 Dispositivos Economizadores - Arejadores			
5.4 Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão			
5.5 Aproveitamento de Águas Pluviais			
5.6 Retenção de Águas Pluviais			
5.7 Infiltração de Águas Pluviais			
5.8 Áreas Permeáveis	obrigatório		
6. PRÁTICAS SOCIAIS			
6.1 Educação para a Gestão de RCD	obrigatório		
6.2 Educação Ambiental dos Empregados	obrigatório		
6.3 Desenvolvimento Pessoal dos Empregados			
6.4 Capacitação Profissional dos Empregados			
6.5 Inclusão de trabalhadores locais			
6.6 Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto			
6.7 Orientação aos Moradores	obrigatório		
6.8 Educação Ambiental dos Moradores			
6.9 Capacitação para Gestão do Empreendimento			
6.10 Ações para Mitigação de Riscos Sociais			
6.11 Ações para a Geração de Emprego e Renda			

Fonte: CEF (2010).

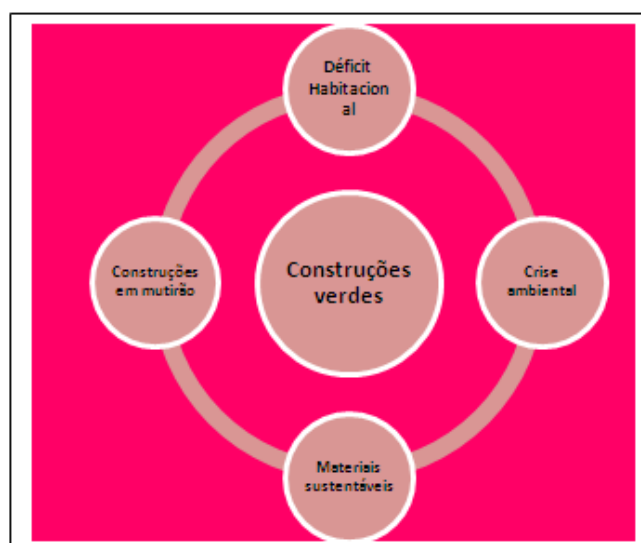
3 METODOLOGIA

3.1 Tipos de pesquisa

A metodologia utilizada para se atingir os objetivos do estudo em questão foi dividida em etapas de pesquisa com enfoque predominantemente qualitativo exploratório nas mais variadas fontes científicas, tais como artigos, revistas e livros. Este tipo de pesquisa – pesquisa exploratória - tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; e (b) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2008). Por ser de natureza qualitativa, Silva e Menezes (2001) consideram que existe uma estreita dinâmica entre o mundo real e o indivíduo, o que significa um vínculo forte entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que, por sua vez, não pode ser traduzido utilizando apenas números. Sendo assim, a interpretação dos fenômenos e as respectivas conclusões acerca de seus resultados tornam – se básicas no processo de pesquisa qualitativa, não exigindo, portanto, o uso de métodos e técnicas estatísticas, visto que o ambiente natural é a fonte principal para coletas de dados e o pesquisador é o instrumento chave.

3.2 Desenho de estudo

O estudo aqui presente foi dividido em etapas. Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica com a finalidade de adquirir conhecimento conceitual e conhecer exemplos de habitações construídas em mutirão de maneira mais ampla, independente da sustentabilidade da mesma considerada pelas fontes pesquisadas. Posteriormente, de maneira mais específica, procurou – se na pesquisa bibliográfica critérios de avaliação para materiais serem classificados como sustentáveis. Dessa maneira, tornou – se possível adaptar os critérios encontrados ao contexto aqui trabalhado, para posteriormente preencher a matriz de seleção elaborada, e com isso, obter os resultados da pesquisa. Para elaborar a matriz de seleção foi utilizado de forma predominantemente 4 pesquisas já descritas no item 2.5 do referencial teórico - Priorização de critérios para avaliação de sustentabilidade comparativa de materiais. Posteriormente houve o auxílio de certificações de sustentabilidade também já mencionadas no referencial teórico – item 2.6.



Domínio Conceitual

Resultados da pesquisa

Quais dos materiais - dentro daqueles identificados no referencial teórico que foram utilizados para construções em mutirão- se encaixam melhor nos critérios da ficha de avaliação de sustentabilidade elaborada na presente pesquisa?

Domínio Metodológico

- I. Uso das bases de dados Spell e Scielo para a pesquisa bibliográfica (levantamento de dados secundários);
- II. Uso do Instrumento para a Seleção de Materiais Mais Sustentáveis – ISMAS de Bissoli – Dalvi (2014) como base central;
- III. Uso de outros estudos e de certificações ambientais como auxílio para a elaboração da matriz de avaliação
- IV. Aplicação da ficha de avaliação

Domínio Substantivo

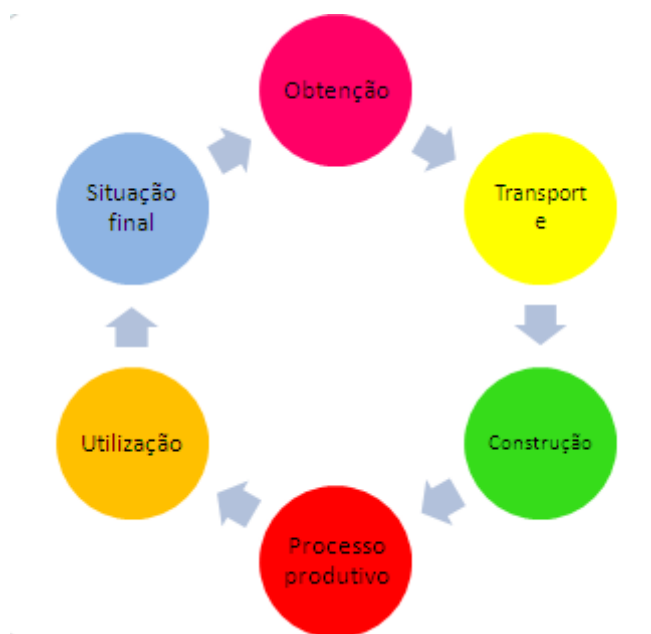
- Materiais verdes
- II. Materiais sustentáveis;
- III. Propriedades dos materiais;
- IV. Vantagens e desvantagens;

3.3 Procedimentos de campo

3.3.1 Estudo Bibliográfico

A partir do estudo bibliográfico realizado inicialmente, foi possível concluir que apesar das diferenças existentes entre os inúmeros parâmetros de sustentabilidade, todos eles podem ser agrupados basicamente em seis grupos, conforme a Figura 25 demonstra. Dessa forma, pode afirmar que apesar das particularidades de cada parâmetro observado, quando mais de um parâmetro se aloca para o mesmo grupo, eles apresentam basicamente o mesmo objetivo.

Figura 24 - Ciclo de vida dos materiais



Os objetivos principais de cada uma das etapas apontadas anteriormente são descritos abaixo:

- Obtenção - Objetivo: Sustentavelmente adequada para evitar o uso desnecessário de materiais não renováveis, e a geração de alto teor de resíduos.
- Transporte - Objetivo: minimização das distâncias e maximização do uso dos materiais locais visando evitar o alto custo de energia gasto por material ligado a alta emissão de poluentes.

- Construção – Objetivo: aproveitamento otimizado dos materiais para evitar o alto consumo de energia e geração de resíduos.
- Processo produtivo – Objetivo: buscar por processos produtivos com menor consumo de energia e reuso de materiais. Visando diminuir o alto custo de energia gasto por material e o alto índice de resíduos.
- Utilização – Objetivo: buscar a alta durabilidade e conforto ao usuário de acordo com o fim proposto, evitando necessidade de manutenção alta e alto custo de materiais.

Após observado os objetivos de cada etapa do ciclo de vida dos materiais, foi possível concluir que quando se trata de construção civil, uma preocupação em evidência é a questão dos resíduos sólidos gerados por essa atividade. Esse quesito apareceu como objetivo em quatro das seis fases do ciclo de vida de um material. Dessa maneira, devido a sua grande abrangência, é um quesito que a ficha de avaliação tem que contemplar.

3.4 Caracterização dos parâmetros

Conforme mencionado no item 2.4.1 do referencial teórico – Estruturas – essa parte da edificação deve ser a primeira a ser levada em consideração na escolha dos materiais a serem utilizados. Posteriormente, escolhe – se os outros materiais que estejam em conformidade com a estrutura a ser adotada. Nesse trabalho em específico, será aplicada a matriz de avaliação para elementos construtivos da estrutura identificados em construções em mutirão – item 2.3 – e posteriormente em possibilidades de materiais identificados no mesmo local nas etapas de cobertura e esquadrias.



Tornou – se necessário estar realizando esse recorte para possibilitar a maior eficiência da aplicação da matriz elaborada.

3.5 Caracterização dos critérios de avaliação

Os critérios de avaliação dos materiais como sustentáveis ou não do trabalho aqui realizado serão baseados no estudo de Bissoli – Dalvi (2014). Foi realizada uma adaptação do ISMAS – Instrumento de Seleção dos Materiais mais Sustentáveis, de tal maneira que essa avaliação englobou também as dimensões econômicas e sociais da sustentabilidade. Para isso, resgatou – se os 30 critérios expostos no referencial teórico que Bissoli – Dalvi (2014) elaborou como ferramenta durante o percurso de definição do ISMAS, e foi realizada as devidas adaptações do mesmo a partir da comparação com outros estudos relevantes e certificações ambientais. O apontamento dos 30 critérios que foram levados em consideração no respectivo estudo encontra – se especificado e devidamente explicado no item 2.5.1- ISMAS. Esse instrumento serviu como ponto precursor para a elaboração da matriz de avaliação de sustentabilidade do estudo aqui realizado.

4 ANÁLISE

4.1 Elaboração da matriz de avaliação

A matriz para avaliação do índice de sustentabilidade dos materiais encontrados em casas construídas por mutirão que foi utilizado no presente trabalho foi elaborada a partir de um estudo e posterior adaptação de uma série de pesquisas que abrangem a problemática em questão, sendo dado enfoque principal para quatro delas. Conforme já mencionado e explicado no referencial teórico, a primeira base desse estudo corresponde ao ISMAS – Instrumento para Seleção de Materiais mais Sustentáveis, de Bissoli – Dalvi (2014). No decorrer da elaboração do ISMAS a autora expôs 30 critérios acerca da questão da sustentabilidade de materiais, que posteriormente passaram por um processo de redução e deram origem aos 7 critérios oficiais do instrumento para seleção de materiais mais sustentáveis proposto pela pesquisadora.

Essa redução justifica – se pela busca, conforme Bissoli – Dalvi (2014)

evidenciou em sua tese, da simplificação dessas 30 variáveis encontradas inicialmente tendo como base a priorização dos critérios que se encaixassem em dois requisitos: participação na Agenda 21, e classificação dentro da dimensão ambiental da sustentabilidade.

Além disso, o ISMAS, conforme já apontado também na metodologia do presente trabalho, foi elaborado visando avaliar a sustentabilidade de qualquer material de construção. Porém, diante da quantidade de materiais existente em uma edificação, sugeriu-se pelo autor que fossem considerados para a análise os mais representativos, como por exemplo, os materiais usados em maior quantidade, ou qualquer outra seleção que justifique a significância dos mesmos.

É válido ressaltar que não há material de construção totalmente sustentável para qualquer uso, visto que a sua sustentabilidade está diretamente relacionada ao contexto no qual está inserida, ou seja: finalidade que deve cumprir (revestimento, vedação, estrutura, etc.), local de aplicação (piso, parede, teto, cobertura, etc.), uso que será dado a esse material (comercial, residencial, industrial, etc.), modelo de produção (artesanal, industrial), região em que se localiza a obra, zona bioclimática, hábitos e costumes do usuário, etc. (FLORES, 2011).

De acordo com Oliveira (2015) integrar e balancear as dimensões ambiental e social é uma questão extremamente importante para a seleção de materiais mais sustentáveis. Porém, ressalta o autor, não é muito utilizada. Dessa maneira, no setor construtivo não é atendido o pilar da sustentabilidade com pesos iguais, uma vez que as sustentabilidades econômicas e ambientais ainda são as mais buscadas.

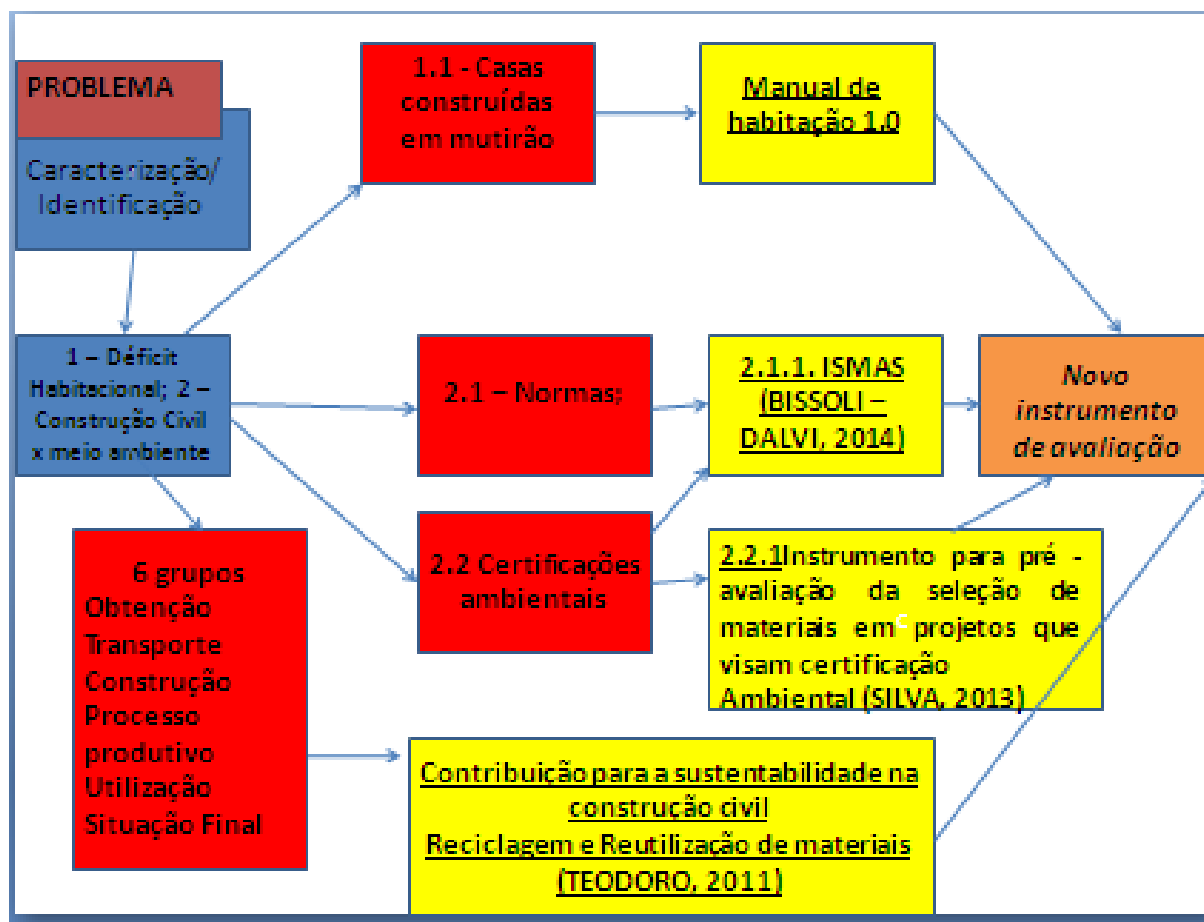
No trabalho aqui realizado, porém, buscou - se considerar os critérios de todos os três pilares da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. Para isso, foi elaborado um quadro para facilitar a organização. Esse quadro apresentou como finalidade fazer um comparativo dos 30 critérios que antecederam a concretização do ISMAS com as outras três pesquisas que foram priorizadas. Dessa forma, tornou - se possível selecionar os critérios que as quatro pesquisas mais tiveram em comum.

As outras três fontes utilizadas para tal comparação também foram descritas no referencial teórico, no item 2.5 Priorização de critérios para avaliação de sustentabilidade comparativa de materiais.

O fluxo abaixo representa de forma sintetizada a metodologia utilizada para realizar o recorte para a elaboração da ficha de avaliação. O recorte foi executado visando procurar quatro bases teóricas que melhor representasse a caracterização da problemática do presente estudo, que são elas: déficit habitacional, construção civil e meio ambiente. Para isso, foi realizada uma busca de base teórica que fosse sustentada em quatro pilares essenciais ao ser tratado a questão dos critérios de sustentabilidade no contexto aqui estudado, são eles: casas construídas em mutirão, normas vigentes, certificações ambientais, e as seis etapas do ciclo de vida de um material.

Dessa forma, além do ISMAS, que foi escolhido por ser bastante representativo em relação às normas que norteiam a sustentabilidade na construção civil, foram escolhidas mais três fontes para serem relacionadas com o ISMAS. O Manual de Habitação 1.0 está dentro dessa seleção por apresentar como objetivo a construção de bairros saudáveis e uma possibilidade de construção em mutirão para combater o déficit habitacional. Já o instrumento para pré – avaliação da seleção de materiais em projetos que visam certificação ambiental, de Silva (2013) está em evidência justamente por tratar as questões das certificações ambientais como prioridade. Por último, Contribuição para a sustentabilidade na construção civil - Reciclagem e Reutilização de materiais de Teodoro (2011) se encaixou no processo de elaboração da ficha de avaliação devido representar o ciclo de vida dos materiais com evidência em questões que influenciam de maneira direta no tema de grande influência na construção civil, conforme destacado na metodologia: resíduos.

Figura 25 - Recorte para elaboração da ficha de avaliação



Quadro 11 - Número de repetições dos critérios de BISSOLI - DALVI (2014) que antecederam a finalização do ISMAS em relação aos outros três estudos

	Categories Pré – ISMAS (BISSOLI, 2014)	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO UTILIZADOS POR BISSOLI - DALVI (2015) QUE ANTECEDERAM A ESCOLHA DOS ISMAS	Teodoro (2011)	Silva (2013)	Habitação 1.0	Número de repetições do critério
1	adequabilidade	1 - A mão de obra é viável economicamente	x	X	x	3
		2 - A manutenção ocasiona baixo impacto	x	X	x	3
		3 - As características geométricas do material favorecem a modulação			x	1
		4 - Favorece a adaptabilidade para diferentes usos		X		1
		5 - O material é viável economicamente	x		x	2
		6 – Utiliza o mínimo possível de embalagem	x			1
2	Desempenho	7 - O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado	x	X		2
		8 - O material possui adequado desempenho lumínico para a situação em que está sendo utilizados				-
		9 - O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado	x	X	x	3
3	Energia	10 – A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas	x	X		2
		11- Os processos favorecem a redução da energia incorporada	x	X		2
		12 - Pode ser utilizado com mínimo processamento		X	x	2
		13 – Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos		X	x	2
4	Legalidade	14 - As organizações investem em equipamentos de segurança		X		1
		15 - As organizações pagam o salário mínimo profissional				-
		16 - As organizações possuem projetos de responsabilidade sócio ambiental		X		1
		17 - As organizações possuem regularidade junto ao Governo Federal		X		1
		18 – Contribui positivamente para o <i>marketing</i> sustentável				-
		19 - Cumpre com as normas técnicas correspondentes ao mesmo			x	-
		20 - O material não está proibido	x			1
		21 – Possui certificação ambiental	x	X		2
5	Economia de matérias – primas	22 – A durabilidade independe de manutenção		X	x	2
		23 - É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte		X		1

		24 – É renovável	x	X		2
		25 – Dispensa materiais adicionais para acabamento	x		x	2
		26 – Possui elementos reciclados	x	X	x	3
6	Geração e gestão de resíduos	27 - Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	x			1
		28 - Favorece a baixa geração de resíduos		X	x	2
7	Emissões	29 – Não emite odores			x	1
		30 – Não emite substâncias prejudiciais à saúde	x		x	2

Fonte: Elaborada pela Autora

Logo, conforme detalhado abaixo, os critérios que tiveram índice de repetição de duas vezes (representando 75% do total, levando em consideração para cálculo de tal porcentagem as quatro fontes pesquisadas, inclusive a fonte base Bissoli – Dalvi (2014)) ou índice de repetição igual a três vezes (100%) foram mantidos (representados em cor verde). Aqueles que estão dentro do grupo anterior, mas que por algum motivo precisaram ser adaptados estão representados de cor amarela. Por último, os que por sua vez, foram mencionados apenas uma vez além de Bissoli – Dalvi (2014) – 50% - foram descartados (representados em cor vermelha). Segue abaixo as razões minuciosas de cada um dos critérios avaliados.

Legenda

- Critério mantido, porém, com adaptações.
- Critério mantido em sua forma original.
- Critério excluído
- Citação de Teodoro (2011) relacionado ao contexto do critério
- Citação de Silva (2013) relacionado ao contexto do critério
- Citação de Habitação 1.0 relacionado ao contexto do critério

Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido

Quadro 12 - Adequabilidade

Adequabilidade	1	A mão de obra é viável economicamente
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto
	3	As características geométricas do material favorecem a modulação
	4	Favorece a adaptabilidade para diferentes usos
	5	O material é viável economicamente
	6	Utiliza o mínimo possível de embalagem

Fonte: Elaborado pela Autora

Conforme visto acima, os critérios 3, 4 e 6 não entraram na ferramenta de seleção de materiais mais sustentáveis aqui proposta visto que o grau de repetição foi de apenas 50% em todos os casos. Já os outros critérios (1, 2, e 5) seguem com suas respectivas justificativas abaixo:

Quadro 13 - Critério 1

A mão de obra é viável economicamente
“Há ainda outros benefícios importantes que devem ser referidos, tais como: não necessita de mão-de-obra especializada.” (TEODORO, 2011 p. 56).
“Portanto a geração de empregos, uma das consequências desta recomendação, proporciona a valorização social e ainda favorece a melhoria da qualidade de vida dos habitantes, ao capacitar os possíveis trabalhadores locais a oferecer mão de obra de qualidade à sua comunidade.” (SILVA, 2013 p. 64).
“Os sistemas construtivos empregados devem ser produtivos (evitar desperdícios), oferecer elevada vida útil ao imóvel, possibilitar o uso de recursos materiais acessíveis e, durante a fase de implantação das unidades, contemplar o emprego de mão-de-obra local, inclusive capacitando-a.” (MANUAL HABITAÇÃO 1.0, p. 6)
<p>Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:</p> <p>Como a pesquisa aqui realizada é voltada para a mão de obra em mutirão, cabe ao critério 1 ser adaptado para a seguinte questão: é possível fazer uso de mão de obra não qualificada. Dessa forma, ao assinar “prática negativa” significa afirmar que não é possível fazer uso de mão de obra não qualificada. O item “prática padrão”, por sua vez, corresponde a possibilidade de utilizar mão de obra local, porém depois de um nível básico de treinamento. E o item denominado como “prática positiva” corresponde a real não necessidade de mão de obra especializada.</p>

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 14 - Critério 2

A manutenção ocasiona baixo impacto
“Para prolongar a vida útil da construção é essencial que durante esta seja criado um Sistema de Gestão da Manutenção para prevenir a degradação dos materiais e reabilitar quando necessário. Nas fases de construção, vida útil e demolição haverá resíduos que devem ser minimizados, reciclados e reutilizados se possível, para não haver procura de novos materiais beneficiando assim o meio ambiente.” (TEODORO, 2011 p. 21).

“Priorizar, em projetos de reforma, a manutenção dos materiais existentes no edifício ou a adição de outros já utilizados, derivados de demolições e que não tenham sofrido beneficiamento.”
(SILVA, 2013 p. 60).

“No futuro, esses bairros deverão estar aptos a realizar a gestão dos recursos necessários para manutenção e operação de suas atividades, garantindo sua qualidade de vida, conservando o meio ambiente e os recursos físicos e naturais.”(MANUAL HABITAÇÃO 1.0, p. 6).

Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:

Por tratar – se de habitações sustentáveis busca – se por materiais que minimizem as consequências no ambiente, inclusive na etapa de manutenção. Dessa forma, esse critério está diretamente relacionado com a durabilidade. Para um edifício ter boa durabilidade, um passo essencial é que o mesmo seja construído a partir de materiais com boa durabilidade. Por outro lado, os materiais que apresentam baixa durabilidade apresentam como consequências frequentes operações de manutenção ou até mesmo de substituição integral em casos ainda mais graves. Isso, por sua vez, resulta em um maior consumo de materiais e energia, aumentando também os impactos ambientais negativos gerados.

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 15 - Critério 5

O material é viável economicamente

“Deve ser tido em conta o fato que o tempo muda os materiais. Por exemplo, uma telha de cimento perde toda a sua resistência ao fim de 10 anos tornando o seu reaproveitamento muito difícil (pelo manuseio) e inviável economicamente.” (TEODORO, 2011 p. 35)

“Oferecer elevada vida útil ao imóvel, possibilitar o uso de recursos materiais acessíveis e, durante a fase de implantação das unidades, contemplar o emprego de mão-de-obra local, inclusive capacitando-a. (MANUAL DE HABITAÇÃO 1.0, p. 6)

Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:O material ser viável economicamente é de extrema importância para uma obra ser considerada sustentável. A importância desse critério é ainda mais evidenciada quando a finalidade da edificação em questão consiste em minimizar o déficit habitacional.

Quadro 16 - Desempenho

Desempenho	7	O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado
	8	O material possui adequado desempenho lumínico para a situação em que está sendo utilizados
	9	O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado

Conforme verificado acima, o critério 8 não entrou na ferramenta aqui gerada visto que não tem o índice de repetição superior a 50%. Os demais critérios seguem abaixo:

Quadro 17 - Critério 7

O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado

“Conforto térmico e acústico para ambientes internos.” (TEODORO, 2011 p. 57).

“Outro importante aspecto a ser considerado, e que promove excesso de consumo de recursos pela indústria da construção civil, é a deficiência em atender as exigências dos usuários, principalmente no que se refere ao conforto térmico, acústico e a qualidade dos componentes, ocasionando elevado consumo energético, em longo prazo.” (SILVA, 2013 p.14).

Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:

Como faz parte da situação problema identificar os materiais verdes que busquem ascender a qualidade de vida da população a ser alocada para tais edificações, o desempenho acústico torna – se item importante a ser analisado. Para isso, é evidente que o desempenho acústico dos materiais a serem utilizados consiste na principal variável responsável para a garantia de conforto acústico nas respectivas edificações. O conforto acústico mostra – se essencial pois proporciona melhor qualidade de vida aos usuários dos edifícios, gerando benefícios sociais. A NBR 15575 – 1: 2013 aponta para a importância desse item ao afirmar que a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas.

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 18 - Critério 9

O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado	
“Conforto térmico e acústico para ambientes internos.” (TEODORO, 2011 p. 57).	
“Outro importante aspecto a ser considerado, e que promove excesso de consumo de recursos pela indústria da construção civil, é a deficiência em atender as exigências dos usuários, principalmente no que se refere ao conforto térmico, acústico e a qualidade dos componentes, ocasionando elevado consumo energético, em longo prazo.” (SILVA, 2013, p.14).	
“Até hoje temos aproximadamente 40.000 casas construídas no Brasil, sendo que um dos fatores altamente elogiáveis é justamente o grau de conforto térmico oferecido pelos ambientes internos.” (MANUAL DE HABITAÇÃO 1.0, p. 41).	
Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:	
Como faz parte da situação problema identificar os materiais verdes que busquem ascender a qualidade de vida da população a ser alocada para tais edificações, o desempenho térmico torna – se item importante a ser analisado. Assim como no critério anterior, este está diretamente relacionado com as características dos materiais utilizados nas vedações. É possível afirmar, portanto, que o emprego de recursos para a qualidade térmica dos materiais é de extrema importância para a economia de energia e uma série de outros benefícios. A NBR 15575 faz referência a importância da edificação habitacional reunir propriedades que atendam às exigências de desempenho térmico, e dentro dessas propriedades, como um dos fatores, está as características dos materiais a serem escolhidos.	

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 19 - Energia

Energia	10	A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas
	11	Os processos favorecem a redução da energia incorporada
	12	Pode ser utilizado com mínimo processamento
	13	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos

Todos os critérios da categoria energia foram incorporados no novo instrumento de seleção de materiais sustentáveis. Cada critério segue detalhado abaixo:

Quadro 20 - Critério 10

A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas
“Assim, a energia incorporada nos materiais corresponde à quantidade de energia necessária para a sua produção, transporte, aplicação na obra, manutenção e demolição.” (TEODORO, 2011 p. 62).
“Para a redução do consumo energético, alguns itens devem ser considerados, como o gasto de energia incorporado aos materiais, devido ao volume de produção e distância e meio de transporte.” (SILVA, 2013, p.28).
<p>Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:</p> <p>Para um material ser considerado sustentável ele tem que estar a uma distância máxima do seu local de execução. O certificado Leed, por exemplo, pontua acerca da importância de se valorizar o uso de materiais locais, buscando dessa maneira a redução dos impactos ambientais do transporte e também o crescimento da economia local. Para essa certificação os materiais devem ser extraídos ou produzidos em um raio de até 800 km de distância do local de aplicação.</p>

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 21 - Critério 11

Fonte: Elaborado pela Autora

Os processos favorecem a redução da energia incorporada
“Deve-se ter em conta o gasto energético relacionado com a energia incorporada do material no seu ciclo de vida”. (TEODORO, 2011 p. 62).
“Para o consumo de recursos e energia no ciclo de vida, o ideal é minimizar o consumo na produção (...)”. (SILVA, 2013, p.49).
<p>Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:</p> <p>A energia incorporada é uma maneira bastante usual na mensuração do impacto ambiental das edificações. É, portanto, um fator importante para a tomada de decisões referente à escolha de materiais. Essa energia é considerada como toda aquela usada na fabricação dos materiais a serem utilizados em uma determinada edificação. Inclui – se, portanto, o processo desde a extração até seu destino final no local da obra. Em outras palavras, leva – se em consideração a energia usada para extrair a matéria prima, para o processo de fabricação; para o transporte da matéria prima para a fábrica; e para a obtenção do produto final para o consumidor.</p>

Quadro 22– Critério 12

Pode ser usado com mínimo processamento
“A unidade habitacional pode ser otimizada por meio de: Processos construtivos com minimização de perdas durante a execução.” (TEODORO, 2011 p. 86).
“A atenção sobre o processo produtivo dos materiais é outro fator importante, que possibilita verificar o impacto ambiental de diferentes fábricas de um mesmo produto.” (SILVA, 2013, p.49).

Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:

Quanto mais elaborado for o processo de obtenção de um determinado material, ou seja, quanto mais transformações exigir, maior será a energia primária consumida. Tratam-se de variáveis diretamente proporcionais. Logo, baixa energia incorporada, por sua vez, significa que nos processos de fabricação, transformação e transporte dos materiais avaliados não são consumidas grandes quantidades de energia.

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 23 - Critério 13

Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos
“Para o consumo de recursos e energia no ciclo de vida, o ideal é minimizar o consumo na produção e durante o ciclo de vida da construção, além de fazer o uso de fontes de energia renováveis.” (SILVA, 2013, p.49).
“Em um bairro saudável e sustentável, a conservação ambiental contempla: Redução do consumo energético com o uso da energia solar ou gás.” (MANUAL DE HABITAÇÃO 1.0, p. 86).
Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido: A NBR 15575 – 1: 2013 no item 18.3 – seleção e consumo de materiais – recomenda que os empreendimentos sejam construídos baseados na exploração e no consumo racionalizado de recursos naturais, objetivando a menor degradação ambiental, menor consumo de água, de energia e de matérias-primas. A norma resume, portanto, que devem ser privilegiados os materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais à sua utilização final. Dessa maneira, esse item da norma justifica a importância não só do critério 13, mas também dos dois anteriores.

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 24 - Legalidade

Legalidade	14	As organizações investem em equipamentos de segurança
	15	As organizações pagam o salário mínimo profissional
	16	As organizações possuem projetos de responsabilidade sócio ambiental
	17	As organizações possuem regularidade junto ao Governo Federal
	18	Contribui positivamente para o <i>marketing</i> sustentável
	19	Cumprir com as normas técnicas correspondentes ao mesmo
	20	O material não está proibido
	21	Possui certificação ambiental

Referente à categoria Legalidade, os critérios de 14 a 20 foram excluídos por não apresentarem repetição superior a 50%.

Quadro 25 - Critério 21

Possui certificado ambiental
“Para além da rotulagem ecológica, deve-se mencionar a existência de outra forma de certificação ambiental de materiais que passa pelas Declarações Ambientais de Produtos (...).” (TEODORO, 2011 p. 13).

“No Brasil, a construção civil é um dos setores da economia onde há mais informalidade. Nesta conjuntura, a certificação aparece em contraponto a essa questão, estimulando a utilização de materiais certificados, que proporcionam menor impacto socioambiental.” (SILVA, 2013, p.68).

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 26 - I. Economia de matérias – primas

Economia de Matérias-primas	22	A durabilidade independe de manutenção
	23	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte
	24	É renovável
	25	Dispensa materiais adicionais para acabamento
	26	Possui elementos reciclados

O único item da categoria Economia de matérias – primas que não atingiu índice maior que 50% foi o item 23. Assim sendo, seguem os demais itens:

Quadro 27 - Critério 22

A durabilidade independe de manutenção
Maximizar a durabilidade – A durabilidade da construção deve ser maximizada de forma a adiar uma futura reabilitação ou até demolição e assim tirar proveitos econômicos e também ambientais, pois se adia a necessidade de ir à natureza buscar novos recursos naturais.” (TEODORO, 2011 p. 06).
“Dependendo da vida útil estimada a determinada construção, torna-se imperativo refletir sobre sua durabilidade ao longo do tempo. Pensar sobre estas questões permite o ajustamento dos mesmos na obra bruta em conformidade com a vida útil do edifício, garantindo o gerenciamento da qualidade e durabilidade dos materiais, ou seja, a sua manutenção.” (SILVA, 2013, p.65).
“Do ponto de vista econômico, a proposta sustenta-se em: Menores custos de manutenção e operação.” (MANUAL HABITAÇÃO 1.0, p.86)
Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:
Durabilidade, de acordo com a NBR 15571 – 1: 2013 é a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas. Ou seja, a durabilidade de uma edificação será reflexo direto das propriedades dos seus materiais aliadas as técnicas construtivas utilizadas. Já manutenção, ainda de acordo com a NBR 15571 – 1: 2013 consiste no conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários. A substituição e manutenção de forma habitual obriga à utilização de novos materiais, ou seja, apresenta como consequência o aumento da produção de resíduos. Pode – se afirmar, portanto, que esse critério é importante, visto que, a utilização de materiais com elevada durabilidade contribui para uma redução dos custos associados com a manutenção do edifício (

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 28 - Critério 24

É renovável
“Além disso, devem garantir a poupança e reutilização de água, através por exemplo do reaproveitamento das águas pluviais, e ainda garantir que a construção seja eficiente e

renovável energeticamente.” (TEODORO, 2011 p. 09).

“Nesta recomendação, a palavra renovar se insere no contexto dos materiais renováveis, caracterizando-se por um material natural, que pode ser recolocado na natureza ou se regenerar através de processos naturais, a uma taxa equivalente ou maior que o consumo humano.” (SILVA, 2013, p.62).

Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:

A importância desse critério se baseia no fato de que um material renovável contribui para a redução do impacto ambiental visto que reduz o acúmulo de resíduos no meio no qual está inserido. Outro ponto importante a ser mencionado é que quando houver dúvida entre qual material escolher levando em consideração os critérios de reciclagem e renovação, deve – se priorizar aqueles que apresentam capacidade de reutilização, antes que o da reciclagem, visto que reutilizar consome menos energia e esforço. Além disso, deve – se optar por materiais com menores índices de consumo de matéria prima natural em todas as etapas do seu ciclo de vida, custo econômico. Em outras palavras, a redução do uso dos mesmos resulta em fonte de economia. Além disso, contribui - se ambientalmente para utilização consciente de recursos esgotáveis.

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 29 - Critério 25

Dispensa materiais adicionais para acabamento

“Quando possível, usar materiais que incorporem os seus próprios acabamentos de superfície ou usar acabamentos separados e mecanicamente conectados. ” (TEODORO, 2011 p. 32).

“As paredes em concreto celular aceitam os acabamentos tradicionalmente utilizados na construção de unidades habitacionais. Isto proporciona - e é escopo da Casa 1.0 - a realização de melhorias **futuras** pelo próprio adquirente da unidade. ” (MANUAL HABITAÇÃO 1.0, p. 53)

Quadro 30 - Critério 26

Possui elementos reciclados

“Para se aproveitar integralmente as potencialidades da desconstrução, devem ser respeitados os princípios seguintes: usar materiais reciclados e recicláveis.”(TEODORO, 2011 p. 39).

“Controle de materiais (teor de resíduos e reciclados, presença de materiais danosos ao homem ou ao ambiente, reutilização de elementos, geração e reciclagem de entulho).” (MANUAL DE HABITAÇÃO 1.0, p. 6)

Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:

Uma dos importantes critérios de otimização do processo da indústria da construção civil é a incorporação do resíduo oriundo de outras indústrias ou proveniente do próprio consumidor, em insumo para compor os materiais de construção. Dessa forma, o resíduo que estava na conclusão da cadeia do ACV - Análise do Ciclo de Vida -, pronto para um possível descarte, reinicia o processo. Trata – se de uma maneira de reduzir a demanda sobre os recursos naturais virgens. Pode – se concluir, portanto, que a utilização de materiais reciclados minimiza o consumo de matéria-prima virgem; os impactos provenientes da extração, como por exemplo, o assoreamento de rios, a erosão do solo e perda de biodiversidade e a quantidade de resíduos dispostos no meio ambiente (FLORES, 2011).

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 31 - Geração e gestão de resíduos

Geração e gestão de resíduos	27	Favorece a desmontagem visando reaproveitamento
	28	Favorece a baixa geração de resíduos

O Critério 27 não atingiu os 75% de repetição, restando apenas o critério 28 nessa categoria:

Quadro 32 - Critério 28

Favorece a baixa geração de resíduos
“Por isso, proporcionar a substituição do material em períodos de tempo maiores e, em alguns casos, evitar sua substituição, encoraja menor geração de resíduos, pois a repetida substituição de produtos obriga a utilização de novos materiais.” (SILVA, 2013, p.65).
“Redução das emissões de gases no ar e da geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e outras cargas nocivas ao ambiente.” (MANUAL DE HABITAÇÃO 1.0, p. 6).”

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 33 - Emissões

Emissões	29	Não emite odores
	30	Não emite substâncias prejudiciais à saúde

O critério 29 não atingiu os 75% de repetição. Já o critério 30 permaneceu:

Quadro 34 - Critério 30

Não emite substâncias prejudiciais a saúde
“Evitar materiais tóxicos e nocivos – reduz o potencial de contaminação dos materiais que são segregados para reciclar reduzindo também o potencial de risco para a saúde humana durante a desmontagem.” (TEODORO, 2011 p. 32).
“Redução das emissões de gases no ar e da geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e outras cargas nocivas ao ambiente.”
Justificativas complementares da importância do critério analisado ser mantido:
A importância desse critério é baseada no fato de que a qualidade do ar no interior das edificações pode ser preocupante se sofrer bastante influência de emissões gasosas e de partículas sólidas originadas por parte dos materiais, produtos e componentes constituintes da construção. Consequentemente, a elevada permanência das pessoas nesses espaços interiores, as expõem a estes poluentes, aliado aos deficientes sistemas de ventilação dos espaços, surgem os mais variados e graves riscos para a saúde dos ocupantes, mesmo que a longo prazo (MATEUS; BRAGANÇA, 2006; MARTINS, 2003). Sob a perspectiva da NBR 15575 – 1: 2013 Os materiais, equipamentos e sistemas empregados na edificação não podem liberar produtos que poluam o ar em ambientes confinados, originando níveis de poluição acima daqueles verificados no entorno. Enquadrando nesta situação os aerodispersóides, gás carbônico e outros.

Fonte: Elaborado pela Autora

Dessa maneira, os critérios resultantes da seleção realizada anterior

foram renumerados da seguinte maneira:

Quadro 35 - Critérios resultantes

	Critérios	Aspecto Social	Aspecto Econômico	Aspecto Ambiental	Critérios em comum com o ISMAS de Bissoli - Dalvi (2014)
1	A mão de obra é viável economicamente				
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 a 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 a saúde				

Fonte: Elaborado pela Autora

Percebe – se a partir da comparação acima, que dos sete critérios utilizados por Bissoli – Dalvi (2014) no ISMAS cinco foram mantidos. Os outros dois – é possível ser reaproveitado no todo ou em parte, e favorece a desmontagem visando o reaproveitamento não tiveram índice de repetição superior a 50 % nos estudos que aqui serviram como base comparativa. Além dos cinco critérios em comum com o ISMAS, a ferramenta que aqui será utilizada tem outros 12 quesitos a serem levados em consideração. Cinco desses quesitos englobam a dimensão social da sustentabilidade. Em relação a sustentabilidade econômica, 12 critérios a serem levados em consideração se encaixam no respectivo quesito. O âmbito ambiental, por sua vez, está representado por 11 critérios. Existem critérios que se classificam em mais de uma dimensão, conforme verificado no quadro 36.

4.1.2 Relações do primeiro passo realizado da matriz de avaliação com os modelos e certificações ambientais levantados em consideração no referencial teórico

Segue abaixo as principais considerações de três relevantes certificações ambientais retiradas do referencial teórico. Esse quadro serviu como apoio para comparar com os 16 critérios já selecionados posteriormente. Dessa forma, as informações contidas no mesmo serão responsáveis pela definição dos pesos de cada um desses 16 critérios. Assim sendo, se um critério não se encaixou de forma explícita com nenhuma das certificações abaixo o peso dele será 1. Se um determinado critério se encaixou com uma certificação o peso dado ao mesmo será 2. Por outro lado, se o critério estabelecer relação com dois dos três grupos abaixo, o peso do mesmo será 3. A última opção – se o critério estiver presente nas 3 certificações – valerá peso 4. É importante ressaltar que o recorte das certificações ambientais que trouxeram para a utilização as três abaixo, foi realizado visando utilizar aquelas que têm abrangência no contexto nacional.

Quadro 36 - Síntese das três certificações utilizadas

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

Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 37 - Relação dos 16 critérios pré-selecionados com as respectivas certificações

Critérios	Modelos/Certificações ambientais
-----------	----------------------------------

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

Quadro 38 -
Peso de
cada critério

		LEED	AQUA	Se da
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 a 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			

Critério	Peso	Critério	Peso
1	1	9	4
2	3	10	3
3	2	11	2
4	3	12	4
5	3	13	1
6	1	14	2
7	2	15	4
8	1	16	4

Fonte: Elaborado pela Autora

A contagem, portanto, dos pontos, foi realizada tendo como base os pesos acima. E os valores a serem multiplicados pelos pesos dos critérios permaneceram os mesmos de BISSOLI – DALVI que foi exposto na figura 18 do referencial teórico (prática negativa -1, prática padrão 0, prática positiva +1).

Dessa maneira, o índice máximo de sustentabilidade que um determinado material pode atingir a partir da ferramenta aqui criada equivale a 40.

5 RESULTADOS

5.1 Estrutura

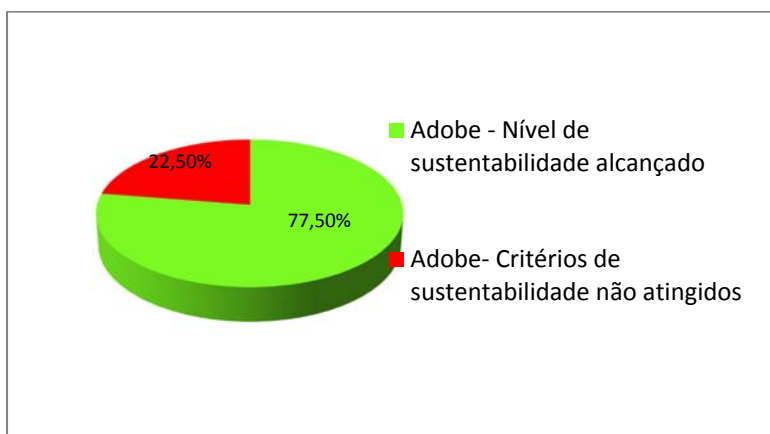
Quadro 39 - Ficha de avaliação – Adobe

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 a 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: Autora, adaptado de Bissoli - Dalvi (2014).

Conforme verificado acima, a pontuação total final já com os devidos pesos levados em consideração equivale a 31 pontos (77,5% do total possível a ser atingido – 40 pontos). Isso, de acordo com a escala do ISMAS para fins comparativos (Figura 19 deste trabalho), representa um material com índice elevado de sustentabilidade.

Figura 26 – Índice de Sustentabilidade Adobe



Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 40 - Ficha de avaliação - Steel frame

STELL FRAME	Critérios		Escala de graduação para a avaliação de cada critério			Pesos	Pontuação
			Prática negativa	Prática padrão	Prática positiva		
Adequabilidade	1	E possível fazer uso de mão de obra não qualificada				1	-1
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto				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	-
	7	Os processos favorecem a 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							-11

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

Ao transformar a pontuação total final obtida pelo *Steel frame* o valor obtido - 27,5%. A porcentagem negativa, por si só, significa que o material não apresenta condições mínimas de sustentabilidade de acordo com os critérios e respectivos pesos levados em consideração. O índice de sustentabilidade do método construtivo *Steel frame*, de acordo com a ferramenta aqui aplicada, se classificaria no penúltimo grupo de sustentabilidade proposto por BISSOLI – DALVI (2014) – Figura 19 – material com índice baixo de sustentabilidade.

Essa afirmativa, por sua vez, não significa dizer que o material não apresenta nenhuma vantagem dentro do contexto da sustentabilidade. Conforme verificado acima, ele apresenta boas propriedades em relação ao desempenho térmico e acústico, por exemplo. Além de sua construção racional minimizar a geração de resíduos sólidos. Apenas esses três critérios favoráveis, porém, são insignificantes para se alcançar níveis de sustentabilidade ao fazer uso da ferramenta aqui elaborada. Assim sendo, devido a sua insignificância no contexto aqui trabalhado não há representação gráfica para os índices de sustentabilidade atingidos por ele.

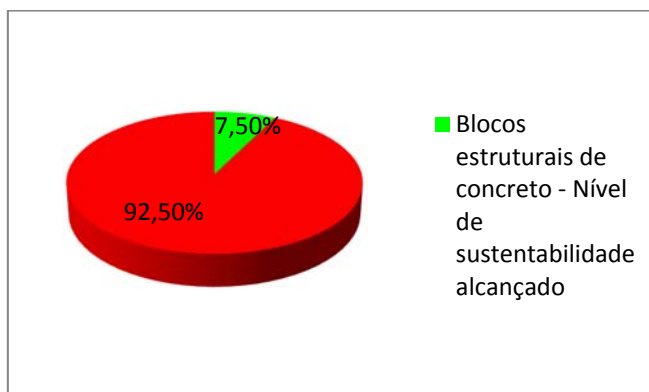
Quadro 41 - Ficha de avaliação - Blocos Estruturais de Concreto

BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO	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	-
	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	-
	7	Os processos favorecem a 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	-
Legalidade	10	Possui certificação ambiental				3	-
Economia de Matérias- primas	11	A durabilidade independe de manutenção				2	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	-
Pontuação TOTAL							3

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

Apesar de atender satisfatoriamente em quantidade 6 dos 16 critérios do instrumento utilizado, ou seja, mais de 30% da totalidade dos mesmos, quando se realiza a contabilização da pontuação final com os respectivos pesos a significância desse número reduz bastante, obtendo o gráfico abaixo.

Figura 27 - Índice de sustentabilidade - Blocos estruturais de concreto



Fonte: Elaborado pela Autora

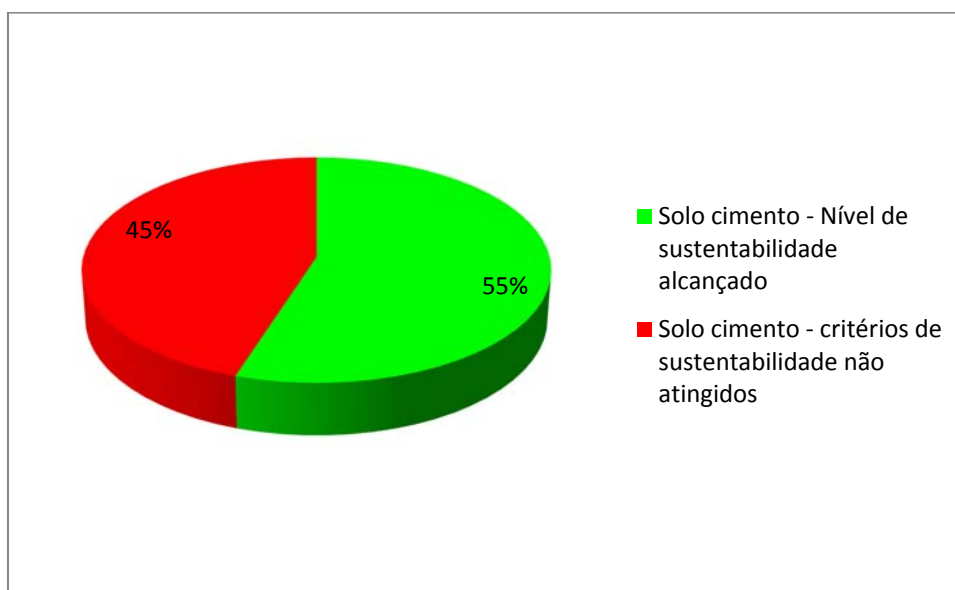
Figura 28 - Ficha de avaliação - Solo cimento

SOLO CIMENTO	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 a 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	-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	-
	15	Favorece a baixa geração de resíduos				4	4
	16	Não emite substâncias prejudiciais à saúde				4	4
Pontuação TOTAL						22	

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

O solo cimento, de acordo com a aplicação da ficha de avaliação elaborada no presente estudo apresenta 55% de índice de sustentabilidade positivo. Com esse número, na escala de Bissoli – Davi (2014), o material é considerado com teor de alta sustentabilidade.

Figura 29 - Índice de sustentabilidade - Solo cimento



Fonte: Elaborado pela Autora

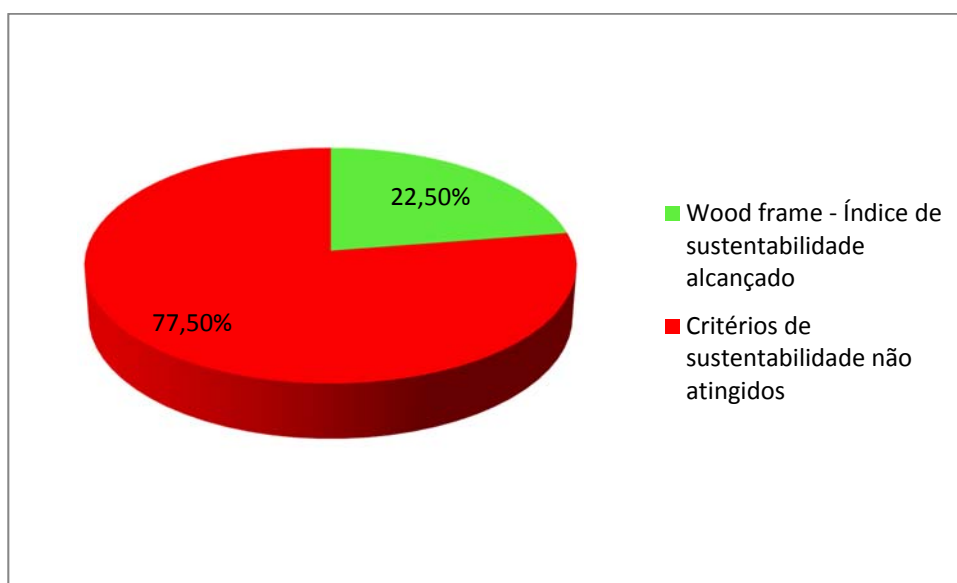
Quadro 42 - Ficha de avaliação - Wood frame

WOOD FRAME	Critérios		Escala de graduação para a avaliação de cada critério			Pesos	Pontuação
			Prática negativa	Prática padrão	Prática positiva		
Adequabilidade	1	E 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	-
	7	Os processos favorecem a redução da energia incorporada				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	3
Economia de Matérias- primas	11	A durabilidade independe de manutenção				2	-2
	12	E renovável				4	4
	13	Dispensa materiais adicionais para acabamento				1	-1
	14	Possui elementos reciclados				2	-
	15	Favorece a baixa geração de resíduos				4	4
	16	Não emite substâncias prejudiciais à saúde				4	-
	Pontuação TOTAL						9

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

Conforme verificado acima, a pontuação total final no método construtivo *Wood frame* é de 9 pontos. Em termos de porcentagem isso representa 22,5% no índice de sustentabilidade estabelecido pela ficha aqui presente de avaliação.

Figura 30 - Índice de Sustentabilidade - *Wood frame*



Fonte: Elaborado pela Autora

5.2 Esquadrias

Figura 31 - Ficha de avaliação – Alumínio

ALUMÍNIO	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	-
	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	-
	7	Os processos favorecem a 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	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							-21

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

O alumínio, conforme verificado acima teve como resultados após a aplicação do instrumento, pontuação total negativa. Esse valor, por sua vez, significa que em relação aos critérios priorizados na ferramenta em questão o mesmo é considerável não sustentável. Não há, portanto, gráfico para representar a sustentabilidade do mesmo visto que ela não existe.

Quadro 43 - Ficha de avaliação - Ferro

FERRO	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	-
	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	-
	7	Os processos favorecem a 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	-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	-
	16	Não emite substâncias prejudiciais à saúde				4	-4
	Pontuação TOTAL						-25

Fonte: Autora, adaptado de Bissoli - Dalvi (2014)

Pode – se considerar, conforme verificado acima, que o ferro praticamente não apresenta características sustentáveis. A sua pontuação é negativa e corresponde a 25. Em termos de porcentagem, esse valor equivale a- 62,5%. Os outros 37,5% restantes, por sua vez, são significam sustentabilidade, visto que a maioria é composta por práticas padrões. Dessa forma, aqui também não há gráfico para representação.

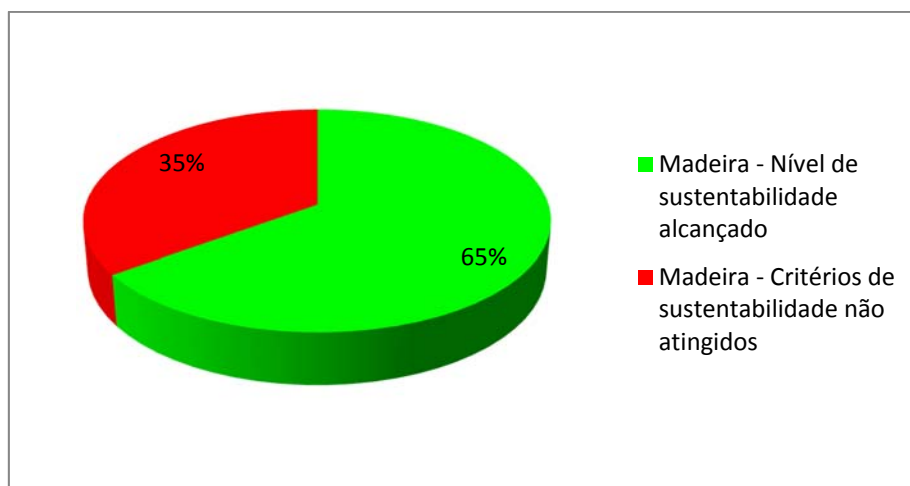
Quadro 44 - Ficha de avaliação - Madeira

MADEIRA	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	-
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto				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	-
	7	Os processos favorecem a redução da energia incorporada				2	2
	8	Pode ser utilizado com mínimo processamento				1	-
	9	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos				4	4
Legalidade	10	Possui certificação ambiental				3	3
Economia de Matérias- primas	11	A durabilidade independe de manutenção				2	-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							26

Fonte: Autora,e Bissoli - Dalvi (2014).

Conforme verificado na tabela anterior, a pontuação da madeira atingida foi 26, totalizando, o que por sua vez, equivale a 65% dos 40 pontos totais possíveis de serem atingidos.

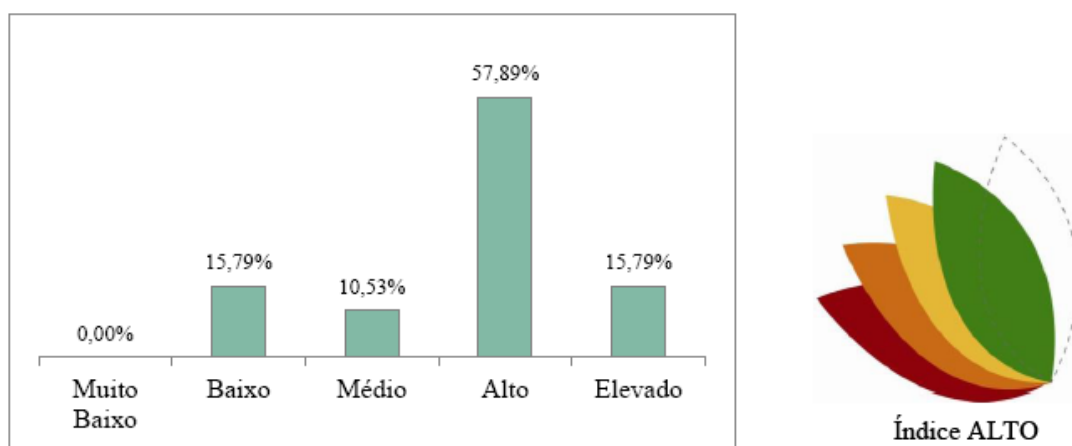
Figura 32 - Índice de sustentabilidade - Madeira



Fonte: Elaborado pela Autora

A madeira tornou – se um item importante para a validação da ferramenta aqui elaborada, visto que, no ISMAS disponível online, a madeira é um dos materiais que podem ser testados. Conforme resultados obtidos por Bissoli – Dalvi (2014), representados na figura abaixo, a mesma apresenta índice de sustentabilidade alto de acordo com a maioria dos testes realizados com arquitetos e engenheiros. O que levou o autor a concluir acerca desse nível de sustentabilidade, é a porcentagem, exposta aqui no presente referencial teórico – Figura 19 – aonde se tem exposto que para um determinado material ser considerado com índice de sustentabilidade alto o mesmo tem que conseguir pontuação maior que 20% ou menor ou igual a 60%.

Figura 33 - Classificação níveis de sustentabilidade



Fonte: Bissoli – Dalvi (2014)

Os valores obtidos a partir do novo instrumento aqui proposto, em relação ao mesmo material, se aproximaram. Aqui no presente estudo a madeira seria considerada com índice de sustentabilidade alto (>60%) se for levado em consideração o mesmo parâmetro de relação entre as porcentagens e as respectivas classificações do ISMAS. Trata – se, portanto, de uma margem de erro aceitável.

5.3 Cobertura

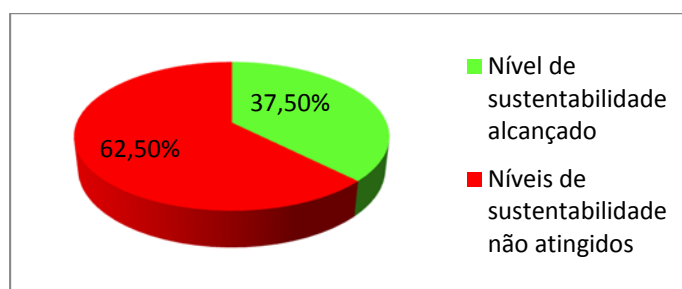
Quadro 45 - Ficha de avaliação - Telha cerâmica

TELHA CERÂMICA	Critérios		Escala de graduação para a avaliação de cada critério			Pesos	Pontuação
			Prática negativa	Prática padrão	Prática positiva		
Adequabilidade	1	E possível fazer uso de mão de obra não qualificada				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	-
	7	Os processos favorecem a redução da energia incorporada				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	-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	-
Pontuação TOTAL						15	

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

Transformando o valor da pontuação total acima – 15 – para valor percentual, tem – se 37,5% de índice de sustentabilidade. Esse valor, na escala de Bissoli – Davi (2014) corresponde a classificação de índice de sustentabilidade alto.

Figura 34 - Índice de sustentabilidade – Telha Cerâmica



Fonte: Elaborado pela Autora

Quadro 46 - Ficha de avaliação - Telha de fibrocimento

TELHA DE FIBROCIMENTO	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	-
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto				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	-
	7	Os processos favorecem a 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	-2
	12	É renovável				4	-2
	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							-18

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

A telha de fibrocimento, como outros materiais já avaliados aqui, também representa índice de sustentabilidade negativo, ou seja, não está dentro dos padrões mínimos para ser considerável sustentável. Assim sendo, não há representação gráfica do mesmo, visto que os critérios nos quais o mesmo se encaixa favoravelmente são insignificantes em relação a sustentabilidade.

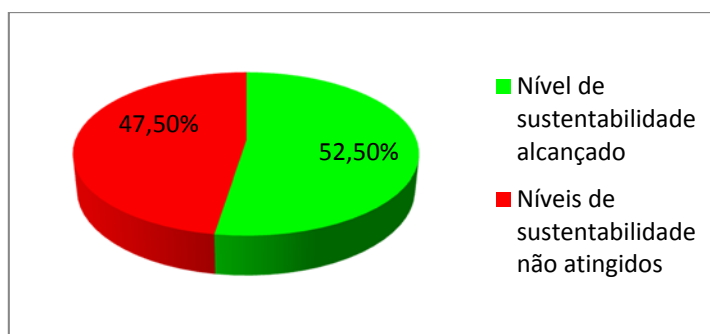
Quadro 47 - Ficha de avaliação - Telhado verde

TELHADO VERDE	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	-
	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	-
	7	Os processos favorecem a 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	3
Economia de Matérias- primas	11	A durabilidade independe de manutenção				2	-2
	12	É renovável				4	4
	13	Dispensa materiais adicionais para acabamento				1	1
	14	Possui elementos reciclados				2	-
	15	Favorece a baixa geração de resíduos				4	-
	16	Não emite substâncias prejudiciais à saúde				4	4
Pontuação TOTAL							21

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

Conforme verificado na tabela, o Índice de sustentabilidade do telhado verde corresponde a 52,5 %. O índice dos mesmos só não é maior devido a alguns detalhes como necessidade de manutenção alta e a problemática da irrigação em períodos de seca.

Figura 35 - Índice de sustentabilidade do telhado verde



Fonte: Elaborado pela Autora

6 CONCLUSÕES

Levando em consideração a pesquisa realizada em todas as referências bibliográficas mencionadas aqui no presente estudo, foi possível concluir que classificar materiais de acordo com seu índice de sustentabilidade ainda é uma tarefa relativamente complexa, visto que, são inúmeros os critérios que envolvem a problemática, e muitos autores variam suas opiniões em relação à priorização dos mesmos. Além disso, outro fator que deve ser levado em consideração é que nenhum material é por si só completamente sustentável, logo, mais uma vez, mostra – se a importância de estabelecer uma priorização de critérios a serem levados em consideração.

Pode – se afirmar que para o estabelecimento dessa prioridade e posteriormente dos respectivos pesos dados aos critérios selecionados é importante fazer uso além de outros estudos já realizados, de modelos de certificações ambientais que trabalham com o item material, dando dessa maneira um embasamento maior para a elaboração da ferramenta proposta.

Assim sendo, apesar de cada certificação e pesquisa apresentar suas divergências em relação aos critérios selecionados, ao público alvo e às finalidades propriamente ditas, o desafio consiste justamente em encontrar o ponto em comum entre todas elas e fazer os balanceamentos necessários. Essa busca pelo ponto em comum justifica – se pelo fato de que apesar de apresentar divergências significativas, todos os estudos e certificações aqui trabalhadas apresentam o essencial em comum: objetivam a existência de construções mais sustentáveis.

Desta forma, na pesquisa aqui realizada, o importante foi focar no item materiais, tanto das pesquisas científicas utilizadas como base, como das certificações, e retirar o que elas tinham de comum e relevante, para que assim fosse gerado um novo instrumento de seleção de materiais sustentáveis que teve como base central o de BISSOLI – DAVI (2014).

Feita as devidas alterações, torna – se então possível classificar o índice de sustentabilidade de qualquer material. Os materiais que foram testados aqui nesse estudo, retirados do referencial teórico com o objetivo de aplicar a

ferramenta gerada, mostraram uma realidade de construção em mutirão no Brasil diversificada. Entretanto, percebeu - se que a maioria dos materiais que foram utilizados nas residências usadas como base para o teste da ferramenta de sustentabilidade apresentou características que não possibilitaram o aparecimento de resultados de índice de sustentabilidade satisfatório, confirmando a hipótese Três.

Em relação aos materiais relativos à estrutura, por exemplo, tem se os materiais que utilizam a terra como matéria prima principal os maiores índices de sustentabilidade obtidos, sendo eles o adobe com 77,5% e em segundo o tijolo solo cimento, por sua vez, com 55%.

Quanto à cobertura, por sua vez, o material com maior resultado na ficha de avaliação aqui proposto foi o telhado verde com 45% de índice de sustentabilidade alcançado.

No que diz respeito as esquadrias, a madeira foi o único material que obteve resultado satisfatório quanto a sustentabilidade.

Paralelo as ideias anteriores, conclui – se também que mesmo com o recorte realizado, ainda permaneceu um critério complexo para ser aplicado no contexto aqui em questão, que não se trata de um estudo de caso, mas sim de um levantamento bibliográfico com o registro de exemplos e características gerais de construções habitacionais em mutirão. Ou seja, como não houve estudo de caso, não foi aprofundada a pesquisa para características mais minuciosas. Então o critério número 6 – A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas – tornou – se um agravante na hora do preenchimento do quadro, já que não se pode afirmar a distância dos materiais avaliados aos seus respectivos campos de aplicação porque não houve acesso a esse tipo de informação. Assim sendo, foi considerado como prática padrão para os itens industrializados, e prática positiva apenas para os itens que fazem uso de terra, e apresentam como possibilidade maior de se encaixarem positivamente nesse quesito. Conclui – se, porém, que isso não é um fator que faz o novo instrumento gerado perder credibilidade. As informações necessárias a aplicação do critério em questão é que não foram de acesso devido ao tipo de estudo realizado. Além disso, trata – se de um critério de peso um, logo, suas consequências são as mínimas possíveis dentro

das condições pré-estabelecidas na ferramenta de avaliação de sustentabilidade.

Como recomendações para estudos futuros, fica a ideia de aprofundar as pesquisas acerca dos materiais que obtiveram melhores índices, buscando visualizar de forma direta se o mesmo é coerente com o contexto da cidade de Palmas, ou não. Os materiais aqui encontrados, com exceção do bloco estrutural de concreto da casa 1.0, não se localizavam em Palmas, conforme evidenciado no referencial teórico. Assim sendo, recomenda – se fazer um estudo comparativo com as características locais e um posterior levantamento mais detalhado a respeito de quais seriam as dificuldades e facilitadores para implantar os mesmos aqui. Por ser uma ferramenta qualitativa, a aplicação da mesma será mais eficaz em estudo de caso, aonde se tem as informações mais detalhadas que os itens da ficha de avaliação exigem para o preenchimento do mesmo.

A pequena diferença entre telhado verde e telha cerâmica, por exemplo, se justifica pelo fato de que todas as informações utilizadas para o preenchimento da ficha de avaliação foram retiradas do referencial teórico. Por não tratar de estudo de caso, há carências de informações, ficando, portanto, a responsabilidade ainda maior de decisão para quem aplica a ferramenta. A telha cerâmica no contexto do referencial teórico leva em consideração processos produtivos com o uso de biomassa e queima de materiais recicláveis, fazendo com que o Índice de sustentabilidade da mesma nesse contexto seja maior. Mas em um contexto tradicional, possivelmente a diferença entre o índice de sustentabilidade entre essas duas possibilidades de cobertura seria mais significativo.

Outra questão importante a ser ressaltada é que o estudo aqui realizado e o produto do mesmo não servem apenas para o contexto de construção em mutirão. Os critérios utilizados na ficha de avaliação são aplicáveis em qualquer construção civil que visa a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (ABCI) Manual Técnico de caixilhos / janelas. Primeira edição. São Paulo, PINI, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Solo-cimento na habitação popular. 2. ed. São Paulo: ABCP, EC-4, 1987. 14 p.

ABIKO, Alex Kenya; COELHO, Oliveira de Leandro. **Mutirão habitacional: Procedimentos de Gestão**. Porto Alegre, 2006.

ADRIÃO, João Mário de Arruda. **Habitação de interesse social em madeira**: Conjunto habitacional no bairro pedra 90 após 14 anos de uso. 2011. 432 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/21.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2016

A NATUREZA CRIA, CONSERVA E ENSINA. Belo Horizonte: Unibh, v. 4, 2011. Disponível em: <www.unibh.br/revistas/exacta/>. Acesso em: 17 set. 2015.

ALVAREZ, Cristina Engel; SILVA, Michelly Ramos; CASAGRANDE, Braz; CRUZ, Daniel Oliveira; SOARES, Glyvani Rubim. **Habitação Popular Ecológica – Desenvolvimento de modelos baseados nos princípios da sustentabilidade e nas características ambientais específicas de Vitória**. Laboratório de Planejamento e Projetos. 2002.

ARANTES, Beatriz. **Conforto térmico em habitações de interesse social – um estudo de caso**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes_b_me_bauru.pdf?sequence=1>. Acesso em: 04 set. 2015.

ARANTES, Luciana Coelho. **Construção sustentável: Oportunidades de negócio para a empresa Bautec Construções & Incorporações Ltda**. 2008. Disponível em <<http://virtual.cesusc.edu.br/portal/externo/revistas/index.php/monografias/articulo/viewFile/144/131>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BALDESSAR, Silvia M. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. Disponível em <http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0168.pdf> Acesso em: 12 ago. 2015.

ARAÚJO, M. A. (a) **A Moderna Construção Sustentável**. Artigo extraído do site do IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em:

<<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2016.

ARAÚJO, M. A. (b) **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável.** Artigo extraído do site do IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/sociedade.pdf>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2016.

BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada.** 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0168.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2016

BAUMGARTEN, Maíra. **Sociedade e Sustentabilidade: qual o lugar do conhecimento?** Porto Alegre, ano 16,set/dez 2014, p. 14-22.

BARBOSA, Djean da Costa; LIMA, Mariana Brito de. **Arquitetura Bioclimática: Recomendações apropriadas para Palmas/TO.** In: Jornada de Iniciação Científica do IFTO, 1., 2009, Palmas. **Anais Eletrônicos.** Palmas: Ifto, 2009. p. 01 - 07. Disponível em: <<http://www.ifto.edu.br/jornadacientifica/wp-content/uploads/2010/12/17-ARQUITETURA-B.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.

BARRETO, Mauricio Guillermo Corba. **Porque duas casas caem e uma fica em pé?** Estudo multicaso do processo construtivo de 3 habitações sociais em adobe nos Assentamentos Rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju – SP – Brasil. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BRASIL. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. (Org.). **Selo Casa Azul:** Boas Práticas Para Habitação Mais Sustentável. 2010. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo-casa-azul/SELO_CASA_AZUL_CAIXA_versaoweb.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2015

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

BEILFUSS, Luiza Betina; LINCK, Ieda Donati. Telhado verde: cobertura de edificações ecologicamente corretas. In: SEMINÁRIO DE METODOLOGIA DA PESQUISA, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Cruz Alta: Unicruz, 2013. p. 01 - 05. Disponível em: <http://www.unicruz.edu.br/seminario/anais/2013/CCSA/ARQUITETURA_E_URBANISMO/C.Oral/TELHADO_VERDE>. Acesso em: 03 mar. 2016.

BOIN, Antonio Carlos et al., **Manual técnico para implementação:** Habitação 1.0. Bairro saudável. População saudável. 2010. Disponível em: <<http://www.solucoesparacidades.com.br/wp->

content/uploads/2010/01/Manual_Habitacao_10.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

BOUTH, Jorge Alberto Cardoso. **Estudo da potencialidade da produção de tijolos de adobe misturado com outros materiais:** uma alternativa de baixo custo para a construção civil. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15542/1/JorgeACB.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

BRASIL. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. (Org.). **Selo Casa Azul:** Boas Práticas Para Habitação Mais Sustentável. 2010. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo-casa-azul/SELO_CASA_AZUL_CAIXA_versaoweb.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2015.

BROWN, L.R. Eco-Economia: construindo uma economia para a terra. Salvador: Earth Policy Institute, 2003.

CARDOSO, Rafaela da Rosa; DETRO, Silvana Pereira; CANGIOLIERI JUNIOR, Osiris. Uma Visão Tecnológica sobre o Desenvolvimento de Produtos e a Sustentabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8., 2011, Porto Alegre. **Anais...** . Porto Alegre: Cbgdp, 2011. p. 01 - 10.

CARNEIRO, Tamara ísis Ventura. **Tijolos de adobe confeccionados no Agreste Pernambucano com adição de resíduo de espuma rígida de poliuretano.** 2013. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2013. Disponível em: <[https://www.ufpe.br/eccaa/images/documentos/TCC/2013.1/tcc2_versaofinal201301 - tamara isis ventura carneiro.pdf](https://www.ufpe.br/eccaa/images/documentos/TCC/2013.1/tcc2_versaofinal201301-tamara%20isis%20ventura%20carneiro.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2016

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S; CASSA, J. C. S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção.** Salvador – Ba: EDUFBA, Caixa Econômica Federal, 2001.

CASAGRANDE, Jr Fassi Eloy; **Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável.** 2012.

CATEP Arquitetura e Publicidade S/C Ltda; Serviços, Coberturas e Tipos de Lajes. Disponível em . Acesso em: 25 fev. 2015.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA BAHIA (CEPED). **Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento.** 3. ed. Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro: BNH: DEPEA, 1984.

CERÂMICA MARTINS Indústria e Comércio Ltda; Telhas de Vidro. Disponível em <http://www.ceramicamartins.com.br/telhasdevidro.htm>>. Acesso em: 22 fev.

de 2016.

COELHO, Isabel Teresa Pinto. O mutirão urbano: da solidariedade à exploração. In: CONPEDI, 19., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Conpedi, 2010. p. 3176 - 3186. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3184.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

CUNHA, Anderson de Figueiredo. **Construções sustentáveis na engenharia civil**. 2007. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007

DALVI, Márcia Bissoli -. **ISMAS: A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais**. 2014. 195 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidad del Bío-bío,, Chile, 2014

DINIZ, Eliezer M.; BERMAN, Celio. **Economia verde e sustentabilidade**. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100024> Acesso em: 12 ago. 2015

DOS SANTOS A. F. R., BAUMGART, L. N., WOICIOKOSK M., TABARELLI Jr. O., JATZAK S., NICOLETTI V.. Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos. Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção II. Associação do Vale do Itajaí Mirim, 2009.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais**. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: FINEP, 2007.

Iberê M.; FERRAZ, Ignez. **O que é uma arquitetura sustentável?** 2015. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=310>>. Acesso em: 16 set. 2015.

ISAIA, G. C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais. IBRACON, 2007.

SILVA, F. M. G. ; Faria, O. B. ; Ino, A. . Habitação de interesse social rural: Sistema construtivo com paredes estruturais de adobe, no Assentamento Rural Fazenda Pirituba .. Terra em Seminário. IV Seminário Ibero Americano de Construção com Terra e III Seminário Arquitectura de Terra de Portugal.. 1ed.Lisboa: Argumentum, 2005, v. 1, p. 29-32.

FURUKAWA, Fábio Massaharu; CARVALHO, Bruno Franco de. **Técnica construtivas e procedimentos sustentáveis**.:Estudo de caso: edifício na cidade de São Paulo. 2011. 126 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, 2011.

PEDROSO, Gilson Marafiga; PIMENTA, Fernanda. Casa 1.0 Palmas/T0: Uma proposta inovadora. In: UMA PROPOSTA INOVADORA, 5., 2005, Palmas. Palmas: Ceulp/Ulbra, 2005. p. 01 - 03.

HUTH, Patrícia. **Análise da relação custo - benefício de esquadrias externas para edificações residenciais com diferentes materiais.** 2007. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Teconologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007. Disponível em: <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Patrícia-Huth.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe:** um estudo de caso na represa de Salto Grande (Americana-SP). São Carlos, 2002. Tese (Doutorado), Programa de Doutorado do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada CRHEA, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FARIAS, João Lopes. **Estudo de viabilidade técnica e econômica do uso do método construtivo light steel framing numa residência unifamiliar de baixa renda.** 2013.

FEIJO, Cabral Claudio; FRANÇA, Sérgio Luiz Braga; CAETANO, Franchiesco Bittencourt França. **Análise de técnicas construtivas sustentáveis para indústria da construção civil.** 20, 21 e 22 de junho de 2013 ISSN 1984-9354 IX CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO.

FERREIRA, R. C. **Desempenho físico-mecânico e propriedade termofísicas de tijolos e mini-painéis de terra crua tratada com aditivos químicos.** 204 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2003.

FREITAS, Arlene M. Sarmanho; CASTRO, Renata C. Moraes de. Steel Framing: Arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

GBC BRASIL. 2016. Disponível em:<<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>Acessado em 08/10/2015

GATTO, Christiane Merhy. **Coberturas verdes:** A importância da estrutura e da impermeabilização utilizadas. 2012. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ambienteconstruido/files/2012/03/Versão-Final-Dissertação2012-11.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

GRANDE, F. M. *Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem com e sem adição de sílica ativa.* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de

São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP: 2003.

IBGE. **Informações Estatísticas**. 2012. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=172100&search=tocantins>>. Acesso em: 08 out. 2015.

Análise constata sustentabilidade da cerâmica. Disponível em: <<http://www.sindicerr.org.br/imagens/noticias/infocer03.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

FERNANDES, Alexandre Guella. **Esquadrias residenciais em madeira**: Contextualização de variáveis para otimização de projetos. 2004. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5609/000473062.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2016

FUNDAÇÃO VANZOLINI (São Paulo) (Org.). **Sustentabilidade na construção civil**. 2015. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br/hotsite-aqua.asp>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

LIMA, T. V. **Estudo da produção de blocos de solo-cimento com solo do núcleo urbano da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ**. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2006.

LOTURCO, Bruno. Opção metálica e fechamento com painéis pode reduzir custos com infraestrutura. Disponível em <<http://www.fernandoavilasantos.kit.net/steelframe.htm>>. Acesso em 06 fev. 2016.

MAGALHÃES, Luciana Nunes de. Análise comparativa dos blocos de solocimento, de concreto e cerâmicos utilizados na construção civil do sudeste brasileiro. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p.07-10, jul. 2010. Semestral.

Magno, Mônica Fittipaldi Binda. **Habitação social e arquitetura sustentável em Ilhéus/BA**. 2008. Disponível em <http://www.uesc.br/cursos/pos_graduacao/mestrado/mdrma/dissertacoes/dissertacao_monica_fittipaldi.pdf> Acesso em: 14 ago.2015

MATEUS, R.; BRAGANÇA, R. Avaliação da sustentabilidade da construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas. In: CONGRESSO SOBRE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, Porto. **Anais...** Porto, 2004, p. 28 - 37.

MEDEIROS, V. A. Casa sustentável. 2012. 54 p. Cartilha casa sustentável. Realização: Assessoria de comunicação do Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais (SENGE). Belo Horizonte – MG, 2012.

MINKE, Gernot. Tectos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos. Editorial Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay, 2004.

MOLINA, Julio. Cesar.; CALIL JUNIOR, Carlito. Sistema construtivo em “wood frame” para casas de madeira. v. 31, n. 2. Londrina-PR, 2010. Disponível em < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/4017> f> Acesso em: 25 fev.2016

LEITE, Vinicius Fares; AQUA, Sistemas Leed e. **Certificação ambiental na construção civil: Sistemas LEED e AQUA.** 2011. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/76.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

MATEUS, R.; BRAGANÇA, R. Avaliação da sustentabilidade da construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas. In: CONGRESSO SOBRE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, Porto. **Anais...** Porto, 2004, p. 28 - 37.

NASCIMENTO, Maria Victória Leal de Almeida. **Tijolos de adobe confeccionados no Agreste Pernambucano com adição de borracha de pneu triturada.** 2013. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, 2005. Disponível em: <[https://www.ufpe.br/eccaa/images/documentos/TCC/2013.1/tcc2-versaofinal201301-tamara isis ventura carneiro.pdf](https://www.ufpe.br/eccaa/images/documentos/TCC/2013.1/tcc2-versaofinal201301-tamara%20isis%20ventura%20carneiro.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2016.

NEVES, C. M. M. Tijolos de solo-cimento. IN: Dez Alternativas Tecnológicas Para Habitação. Brasília. Anais. MINTER/PNUD. p. 141-166. 1989.

OLIVEIRA, Thaisa Francis César Sampaio. **Sustentabilidade e Arquitetura: Uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil.** 2006.

ORSE. Especificações de esquadrias de ferro. 2004. Disponível em < <http://187.17.2.135/orse/especificacoes.asp> >Acesso em: 09 mar. 2016.

PASSOS, Maria Estânia Mendonça; LIMA, Suzana Maria Zatti; SANTOS, Flávio Antônio dos. **Utilização de Tijolos Solo - cimento na construção de casas populares:** Treinamento de mão - de - obra e resultados. Ouro Preto: Ufop, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR19_0369.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2016.

PAZENTE, J.H; Revista Escolher e Construir; Materiais. Disponível em . Acesso em: 30 de maio de 2005.

PEREIRA, Deuvaldo Craveiro. **Estudo Exploratório dos Modelos Contemporâneos da Construção Civil: NBR: 15575:2013, PBQP-H, AQUA, LEED e Selo Azul da Caixa.** 2015. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano - Palmas - Palmas- To, Palmas, 2015.

PROMPT, Cecília; **Catologação na fonte: Centro de Informação e Documentação-CID Ambiental /MMA B823c Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável.** Departamento de Desenvolvimento Rural Sustentável. Curso de Bioconstrução. Brasília: MMA, 2008. 64 p.; 21 cm.

RETORE, Robson Tatsch et al., **Soluções sustentáveis para um protótipo de Casa Popular Eficiente.** 2010. Disponível em <http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaolC/Ciencias_Sociais_Aplicadas/Arquitetura_e_Urbanismo/70594-ROBSON_TATSCH_RETORE.pdf> Acesso em: 14 ago. 2015.

RODRIGUES, Jonas Vieira. **Esquadrias usadas na construção civil brasileira:** características e execução. 2015. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_JONAS_VIEIRA_RODRIGUES.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2016.

Santiago, A. K.; Freitas, A. M. S.; Crasto, R. C. M. Steel Framing: **Arquitetura. Manual de Construção em Aço, Centro Brasileiro da Construção em Aço.** Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, Mauro César de O.; FRANÇA, Patrícia Paiva A. de. **Reflexões Sobre a Escolha da Esquadria na Habitação Social Sustentável para a Cidade do Rio de Janeiro.** In: IV ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2011, Vitória. **Anais...** . Vitória: Proarq/fau, Ufrj, 2011. p. 01 - 09. Disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011_artigo_134.pdf>. Acesso em: 17 set. 2015.

SANTOS, H. H. V. O uso do *wood frame* na construção de edificações públicas escolares sustentáveis no estado do Paraná. Monografia (Especialização). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

SATTLER, Miguel Aloysio. **Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis.** Porto Alegre: Coleção Habitare / Finep, 2007. Disponível em: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao9/livro_completo.pdf>. Acesso em: 02 set. 2015.

SERRAO, Marco Antônio Santos. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico. 2010. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000620.pdf>>. Acesso em 19/02/2016.

SIQUEIRA, Nadja Irina Cernov de Oliveira. **Casa Vitória Régia:** Habitação popular, flutuante e sustentável. 2011. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade Interamericana de Porto Velho – Uniron,

Porto Velho, 2011. Disponível em: <<http://betobertagna.com/wp-content/uploads/2011/08/casa-vitoria-regia.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2015.

SILVA, Carlos E. M. ; SILVA, Dieni F. T. **Casas ecológicas**. 2011. Disponível em <http://engenharia.anhembib.br/tcc-11/civil-08.pdf> Acesso em: 13 ago. 2015.

SILVA, Cássia Fernanda Borges da et al., Custo-benefício do sistema construtivo Steel Framing. In: ENTEC – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA UNIUBE, 8., 2014, Uberaba. **Anais...** . Uberaba: Uniube, 2014. p. 01 - 02. Disponível em: <<http://www.uniube.br/eventos/entec/2014/arquivos/resumos/resumoo10.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

SILVA, Daniel Marques. **Estruturas metálicas**: Novas tecnologias empregadas em moradias populares. 2003. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembimorumbi, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://engenharia.anhembib.br/tcc-03/civil-22.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

SILVA, F. M. G. ; Faria, O. B. ; Ino, A. . Habitação de interesse social rural: Sistema construtivo com paredes estruturais de adobe, no Assentamento Rural Fazenda Pirituba .. Terra em Seminário. IV Seminário Ibero Americano de Construção com Terra e III Seminário Arquitectura de Terra de Portugal.. 1ed.Lisboa: Argumentum, 2005, v. 1, p. 29-32.

SILVA, Fernando Machado Gonçalves da Silva. **Análise da sustentabilidade no processo de produção de moradias utilizando adobe e bloco cerâmico. Caso: Assentamento Rural Pirituba II – Itapeva-SP**. São Carlos, 2007. 182p.

SILVA, Patrícia Mendes. **Gerenciamento de obras construídas por mutirão**: Estudo de caso de empreendimentos no vale do Paraíba - SP. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil - Ppc, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19072013-154702/publico/Dissertacao_Patricia_Mendes_Silva_free.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016

SILVA, Marcela Cimini Cancela da. **Instrumento para pré - avaliação da seleção de materiais em projetos que visam certificação ambiental**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013

SOUZA, Adriene Pereira Cobra Costa. **Bambu na habitação de interesse social no Brasil Bambook in the social interest habitation in Brazil**. dez. 2004.

SCHMIDT, Franciele Taise Manica. **Aplicação do conceito de sustentabilidade em uma edificação residencial unifamiliar**: estudo de caso. 2009. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009. Disponível em: <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Franciele-Taise-Manica-Schmidt.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

TÉCHNE. São Paulo: Pini, v. 186, 20 set. 2012. www.revistatechne.com.br.

TEIXEIRA, Miriam Barros; MOTTA, Ana Lucia T. Seroa da. **Sanitário seco compostável, uma alternativa viável de saneamento ambiental.** In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 4., 2008, Niterói: Uff, 2008. p. 01 - 22. Disponível em: <https://biowit.files.wordpress.com/2010/10/sanitario-seco.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.

TEODORO, Nuno Filipe Godinho. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: Reciclagem e Reutilização de Materiais.** 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143118002/dissertacao.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2016

TOCANTINS, Secretaria de Planejamento do. **Atlas.** 2012. Disponível em: http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/Publicacoes/Atlas2012/z_Completo_Atlas_do_Tocantins_2012_portugues.pdf. Acesso em: 08 out. 2015. > Acessado em 08/10/15..

URIARTT, A. A. A madeira como material de construção. In: BAUER, L. A. FALCÃO (coord.). **Materiais de construção 2.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1999. cap. 17, p. 437-525.

VANDERLEY, John. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas Subsídios para a Promoção da Construção Civil Sustentável.**

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e arquitetura.** 3a Edição. São Paulo: Hammer Gráfica & Editora Ltda., 2007.

WALKER, P. J. Properties of Stabilised Soil Blocks. 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Florianópolis, Brasil - 1994
WEBSITE LP BRASIL, 2013 – disponível em: acesso em 30 jul 2013.

Xavier, Alvino Galdino ; FREIRE, Sheila Azevedo ; XAVIER, Maria Angela Pereira . Uso de solo-cimento com tijolo Mattone em construções de estabelecimentos assistenciais de saúde. In: VI Simpósio de Engenharia Ambiental de Espírito Santo e I Simpósio de Construção Civil e Urbanismo do Espírito Santo, 2011, Vitória. VI Simpósio de Engenharia Ambiental do Espírito Santo e I Simpósio de Construção Civil e Urbanismo do Espírito Santo, 2011.

ZAMBRANO, Letícia m. de A. **Integração dos princípios da sustentabilidade**

ao projeto de arquitetura. Tese de doutorado. Rio de Janeiro:
UFRJ/FAU/PROARQ, fev.2008.