

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ

CAMPUS MACAÉ

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANA LUIZA SALGADO DE AGUIAR

**UM ESTUDO DE CUSTO BENEFÍCIO DE CONSTRUÇÕES
COM FARDOS DE PALHA E ANÁLISE DE DADOS
INTERNACIONAIS OBTIDOS ATRAVÉS DO MÉTODO
SURVEY**

Macaé - RJ

2019

ANA LUIZA SALGADO DE AGUIAR

**UM ESTUDO DE CUSTO BENEFÍCIO DE CONSTRUÇÕES
COM FARDOS DE PALHA E ANÁLISE DE DADOS
INTERNACIONAIS OBTIDOS ATRAVÉS DO MÉTODO
SURVEY**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Bruno Barzellay Ferreira da Costa, D. Sc.

Macaé - RJ

2019

ANA LUIZA SALGADO DE AGUIAR

**UM ESTUDO DE CUSTO BENEFÍCIO DE CONSTRUÇÕES
COM FARDOS DE PALHA E ANÁLISE DE DADOS
INTERNACIONAIS OBTIDOS ATRAVÉS DO MÉTODO
SURVEY**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Bruno Barzellay Ferreira da Costa, D. Sc. – Orientador
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé

Prof. Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira, D. Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé

Prof. Beatriz Rohden Becker, M. Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé

Macaé - RJ

2019

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão sempre a Deus em quem posso confiar em todos os momentos. Evidentemente presente na minha vida, me livrando de todo o mal, guiando meus passos e me capacitando a alcançar meus objetivos. Dono de um amor infinito e bondade imensurável. Se hoje estou aqui, alcançando mais essa meta, foi por Sua permissão.

Aos meus pais, Claudinei e Débora, por toda dedicação e ensino ao longo da vida. Sempre se preocupando em dar o melhor para mim e minha irmã Victória, não só materialmente, mas emocional e espiritualmente. São meus maiores apoiadores, que me motivam a seguir diariamente aprendendo, crescendo e me edificando como ser humano e profissional.

Ao Lucas, meu amor, que me incentiva a alcançar meus planos, por maiores que sejam, e me inspira a sonhar mais alto. Meu companheiro, sempre presente.

À faculdade e aos amigos que fiz ao longo dessa trajetória, alguns que levarei para além dela. Grata por todo conhecimento e experiência adquirida nesses anos e aos professores que colaboraram com minha formação.

Ao professor Bruno, meu orientador, pelo apoio em especial ao final dessa jornada e elaboração deste trabalho. Pela troca de conhecimento que vai além da sala de aula.

RESUMO

Os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade têm se difundido em escala global em diversos setores, incluindo a construção civil, cujos impactos ambientais são significativos. Por este motivo, a tomada de decisão quanto aos materiais e métodos construtivos a serem utilizados na construção, deve considerar não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também relacionados ao meio ambiente. A palha é um material residual agrícola em abundância no Brasil, já que o país é um significativo produtor de grãos em escala mundial, e o seu uso na construção é uma alternativa sustentável. Este trabalho consiste na compilação de informações encontradas sobre a construção com fardos de palha ao redor do mundo, apresentando características físicas, técnicas e métodos específicos desse tipo de construção. Posteriormente, foi elaborado um estudo de custo benefício para execução de um projeto que consiste na vedação de paredes de uma residência, utilizando alvenaria convencional e fardos de palha. Foi considerada a realização da obra em Macaé, Rio de Janeiro, e os custos foram estimados para que seja possível estabelecer uma comparação entre os mesmos. Também foi realizado um survey, através de um questionário online, com proprietários de construções de casa com fardos de palha de diversos países. Foram analisados os resultados obtidos, com o objetivo de compreender as satisfações e insatisfações da população amostral. Apesar dos problemas e desvantagens levantadas ao longo do survey, unanimemente os proprietários afirmam estar satisfeitos com suas residências e 96,0% construiriam novamente ou recomendariam esse tipo de construção a outras pessoas.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Construção Civil; Construção Sustentável; Palha; Fardos de Palha.

ABSTRACT

The concepts of sustainable development and sustainability have been widespread in global scale on several sectors, including construction, whose environmental impacts are significant. For this reason, the decision on the materials and construction methods to be used in the construction, should consider not only the technical and economic aspects, but also the environment. Straw is an agricultural waste material in abundance in Brazil, whereas the country is a significant world producer of grains, and its use in construction is a sustainable alternative. This work consists in the compilation of information about straw bale construction around the world, presenting the physical characteristics, techniques and methods specific to this type of construction. Posteriorly, a cost benefit study was elaborated to carry out a project that consists of the wall sealing of a residence, using conventional masonry and straw bales. It was considered that the project was carried out in Macaé, Rio de Janeiro, and costs were estimated so that a comparison could be made between them. A survey was also carried out, through an online questionnaire, with homeowners of straw bale houses from different countries. The results obtained were analyzed in order to understand the satisfactions and dissatisfactions of the sample population. Despite the problems and disadvantages raised throughout the survey, the owners unanimously claim to be satisfied with their homes and 96.0% would build or recommend this type of construction to others.

Keywords: Sustainability; Construction; Sustainable Construction; Straw; Straw Bales.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Trajetória de Desenvolvimento do Trabalho	20
Figura 2 - Construções de Palha ao Redor do Mundo.....	22
Figura 3 - Pilgrim Holiness Church	26
Figura 4 - <i>La Maison Feuillette</i>	27
Figura 5 - Matéria por Gustave Lamache	28
Figura 6 - Burrit Mansion, 1938	28
Figura 7 - Espigueta do Arroz.....	32
Figura 8 - Calendário Agrícola do Arroz	35
Figura 9 - Quantidade de Amarrações de Um Fardo	37
Figura 10 - Posições dos fardos	37
Figura 11 - Posicionamento da Janela na Parede de Fardo	39
Figura 12 - Fardos Sobrepostos e Alternados (Visão Frontal da Parede)	40
Figura 13 - Fixação dos Fardos com Vergalhões.....	40
Figura 14 - Elementos de Tração das Paredes de Fardos	41
Figura 15 - Tipos de Viga de Madeira para Terminação Superior das Paredes	42
Figura 16 - Tipos de Pilares de Madeira Para Estrutura do Sistema de Paredes Não Portantes	43
Figura 17 - Exemplos de Fixação dos Fardos de Palha em Estruturas de Concreto e Metálicas	44
Figura 18 - Tipos de Vigas Mais Rígidas.....	45
Figura 19 - Esquema da Fixação na Estrutura de Concreto	45
Figura 20 - Designs Mais Comuns de Telhados	46
Figura 21 - Treliças Mais Comuns Para Telhados	46
Figura 22 - Cobertura Com Fardos de Palha.....	46
Figura 23 - Isolamento Com o Uso de Fardos de Palha Sobre o Teto	47
Figura 24 - Planta Baixa de Referência para os Projetos	52
Figura 25 - Meio de Comunicação Utilizado para Conhecimento das Construções com Fardos de Palha.....	58
Figura 26 - Principal Motivo da Construção com Fardos de Palha.....	59
Figura 27 - Interesse no Aprendizado Antes da Construção com Fardos de Palha.....	60
Figura 28 - Principais Serviços Terceirizados.....	60
Figura 29 - Principais Partes da Construção que geraram manutenção ao Longo dos Anos	62
Figura 30 - Principais Vantagens da Construção com Fardos de Palha.....	63
Figura 31 - Principais Desvantagens da Construção com Fardos de Palha.....	63

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Países com Construções de Palha.....	23
Tabela 2 - Levantamento de Custos para Vedação das Paredes com Alvenaria Convencional .	54
Tabela 3 - Levantamento de Custos para Vedação das Paredes com Fardos de Palha	55
Tabela 4 - Levantamento dos Custos para Fornecimento dos Fardos de Palha pelo Fornecedor D	56
Tabela 5 - Levantamento dos Custos para Fornecimento dos Fardos de Palha pelo Fornecedor E	56
Tabela 6 - Levantamento dos Dados dos Proprietários e Construções de Palha	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Disposição, em Ordem Cronológica, dos Instrumentos Normativos Ligados à Sustentabilidade	14
Quadro 2 - Países Membros Plenos da ESBA	30
Quadro 3 - Países Membros Associados da ESBA.....	30
Quadro 4 - Gramíneas Mais Conhecidas Cultivadas no Brasil.....	32
Quadro 5 - Comparação das Características dos Tipos de Reboco.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALBREPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CIB – *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (Conselho Internacional da Pesquisa e Inovação na Construção)

CNCP – *Centre National de la Construction Paille* (Centro Nacional de Construção de Palha)

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

ESBA – *European Straw Building Association* (Associação Europeia de Construção de Palha)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IRC – *International Residential Code* (Código Internacional Residencial)

NRHP – *National Register of Historic Places* (Registro Nacional de Lugares Históricos dos Estados Unidos)

PIB – Produto Interno Bruto

PMI – *Project Management Institute* (Instituto de Gerenciamento de Projetos)

RFCP – *Réseau Français de la Construction Paille* (Rede Francesa de Construção de Palha)

SINAPI – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

USDA – *United States Department of Agriculture* (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Contextualização	12
1.2. Problematização	16
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo Geral	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. Justificativa	18
1.5. Metodologia	19
1.6. Estrutura do Trabalho	25
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1. Histórico	26
2.2. A palha	31
2.3. Metodologia construtiva com fardos de palha	36
2.3.1. Fundação.....	38
2.3.2. Portas e Janelas.....	38
2.3.3. Paredes	39
2.3.4. Telhado	44
2.3.5. Reboco	47
2.3.6. Instalações	48
2.4. Características Técnicas	49
2.4.1. Isolante Térmico	49
2.4.2. Isolante Acústico	49
2.4.3. Resistência ao Fogo	50
2.4.4. Resistência à Compressão	50
3. ESTUDO DO USO DO FARDO DE PALHA NA CONSTRUÇÃO EM MACAÉ/RJ	52
3.1. Estudo de Custo Benefício	52
3.2. Estimativa de Custos	53
4. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO REALIZADO COM PROPRIETÁRIOS DE CONSTRUÇÕES DE FARDOS DE PALHA	57
4.1. Pesquisa Survey	57
5. CONCLUSÃO	65

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXO	73

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Segundo Montibeller Filho (2001), desde a década de 1980, os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade têm se difundido em escala global, em decorrência da contínua conscientização da sociedade quanto à degradação ambiental em curso. O termo sustentável é propenso a diversos significados, variando conforme as diferentes perspectivas, motivações, correntes intelectuais e políticas (FEIL & SCHREIBER, 2017), tais como:

- I. Biologia: voltada à defesa da exploração dos recursos naturais;
- II. Ecologia: vinculada à preservação de espécies em ecossistemas sujeitos à intervenção humana;
- III. Economia: voltada ao crescimento econômico sem comprometer os recursos naturais;
- IV. Sociologia: vinculada a um desenvolvimento que preserve a sociedade, mantendo as relações sociais.

O conceito de sustentabilidade, segundo Faber et al. (2005), é desconexo e está em contínua evolução, visto que, assim como o termo sustentável, existem diversas definições originadas de diferentes áreas de estudos. Entretanto, foi o movimento ecologista que inicialmente adotou esse termo, associando-o à defesa e manutenção do meio ambiente e da vida (GALLINO, 2005).

Essa multiplicidade de sentidos também se aplica ao conceito de desenvolvimento sustentável, por esta razão Bolis et al. (2014) destacam que é inviável traduzir literalmente esses termos. Todavia, o conceito de desenvolvimento sustentável é considerado duradouro, pois é flexível e aberto a interpretações (PRUGH & ASSADOURIAN, 2003). Entretanto, a definição que se tornou mundialmente conhecida foi a do Relatório *Our Common Future*, também conhecido como Relatório de Brundtland, publicado em 1987: “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (WCDE, 1987; tradução nossa).

Apesar das variações quanto às definições dos termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, é geral o assenso da relação dos mesmos com a busca pelo equilíbrio entre as necessidades do ser humano e do meio ambiente (BARBOSA et al., 2014).

De acordo com Hove (2014), o desenvolvimento sustentável é o acesso para atingir a sustentabilidade, sendo esta considerada o intento final de longo prazo.

Ignacy Sachs (1993) ressalta que a sustentabilidade possui cinco dimensões: social; econômica; ecológica; espacial/geográfica e cultural. Cada uma pode ser sintetizada conforme abaixo:

- I. Sustentabilidade social: redução das desigualdades sociais;
- II. Sustentabilidade econômica: gerenciamento eficiente dos recursos e um fluxo regular do investimento público e privado;
- III. Sustentabilidade ecológica: uso dos potenciais naturais de maneira que minimize a degradação, preservando as fontes de recursos energéticos e naturais, respeitando o ciclo temporal de cada processo da natureza;
- IV. Sustentabilidade geográfica: relação mais equilibrada entre a cidade e o campo, evitando a concentração geográfica de populações e atividades;
- V. Sustentabilidade cultural: reconhecer e respeitar a diversidade cultural de cada povo e cada local no uso dos ecossistemas.

Segundo o mesmo autor, o desenvolvimento sustentável é assumido quando concomitantemente todos os requisitos/dimensões da sustentabilidade são atendidos.

De acordo com pesquisa elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA (2012), intitulada “O que o brasileiro pensa do meio ambiente e do consumo sustentável”, mais de 50% da população brasileira afirmou não ter conhecimento sobre o significado do conceito de desenvolvimento sustentável. Apesar desse dado, essa pesquisa é realizada desde 1992 e é possível observar o crescimento da consciência ambiental na população desde então. O indicador mais significativo é o que mostra a relação de pessoas que não sabiam informar um problema ambiental no Brasil, em 1992 representado por 47% e, em 2012, por apenas 10%.

Junto com o aumento da consciência ambiental nas últimas décadas, ocorreu, no Brasil, marcos significativo como a criação de leis, das quais as principais encontram-se representadas no Quadro 1; a fundação da Secretaria Especial do Meio Ambiente, em 1973, que posteriormente deu origem ao Ministério do Meio Ambiente, em 1985; a fundação de outras entidades e regulamentações voltadas à proteção ambiental nas dimensões federal, estadual e municipal. Além de eventos importantes que foram um marco da evolução da consciência ambiental, como: a Conferência de Estocolmo, em 1972; a *United Nations Conference on Environment and Development* (Rio-92, Eco-92 ou Cúpula da terra), em 1992;

a *World Summit on Sustainable Development* (Rio+10), em 2002; a *United Nations Conference on Sustainable Development* (Rio+20), em 2012.

Quadro 1 - Disposição, em Ordem Cronológica, dos Instrumentos Normativos Ligados à Sustentabilidade

Norma	Data de Publicação	Descrição do Objeto
Lei nº 5.106	2 de Setembro de 1966	Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais
Lei nº 6.938	31 de Agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências
Constituição Federal	5 de Outubro de 1988	-----
Decreto nº 99.658	30 de Outubro de 1990	Regulamenta, no âmbito da Administração Pública Federal, o reaproveitamento, a movimentação, a alienação e outras formas de desfazimento de material
Lei nº 8.666	21 de Junho de 1993	Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências
Lei nº 9.433	8 de Janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989
Lei nº 9.660	16 de Junho de 1998	Dispõe sobre a substituição gradual da frota oficial de veículos e dá outras providências
Decreto nº 2.783	17 de Setembro de 1998	Dispõe sobre a proibição de aquisição de produtos ou equipamentos que contenham ou façam uso das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio – SDO, pelos órgãos e pelas entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e dá outras providências
Lei nº 10.295	17 de Outubro de 2001	Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências
Decreto nº 4.059	19 de Dezembro de 2001	Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e uso Racional de Energia, e dá outras providências
Decreto nº 4.131	14 de Fevereiro de 2002	Dispõe sobre medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal
Lei Complementar nº 123	14 de Dezembro de 2006	Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte; altera dispositivos das Leis nº 8.212 e 8.213, ambas de 24 de julho de 1991, da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, da Lei nº 10.189, de 14 de fevereiro de 2001, da Lei Complementar nº 63, de 11 de janeiro de 1990; e revoga as Leis nº 9.317, de 5 de dezembro de 1996, e 9.841, de 5 de outubro de 1999

Portaria nº 61 - MMA	15 de Maio de 2008	Estabelece práticas de sustentabilidade ambiental a serem observadas pelo Ministério do Meio Ambiente e suas entidades vinculadas quando das compras públicas sustentáveis e dá outras providências
Lei nº 12.187	29 de Dezembro de 2009	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências
Instrução Normativa nº 1 - MPOG	19 de Janeiro de 2010	Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências
Lei nº 12.305	2 de Agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências
Lei nº 12.349	15 de Dezembro de 2010	Altera as Leis nos 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e 10.973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o §1º do art. 2º da Lei nº 11.273, de 6 de fevereiro de 2006
Lei nº 12.462	4 de Agosto de 2011	Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC, altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, a legislação da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) e a legislação da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero); cria a Secretaria de Aviação Civil, cargos de Ministro de Estado, cargos em comissão e cargos de Controlador de Tráfego Aéreo; autoriza a contratação de controladores de tráfego aéreo temporários; altera as Leis nº 11.182, de 27 de setembro de 2005, 5.862, de 12 de dezembro de 1972, 8.399, de 7 de janeiro de 1992, 11.526, de 4 de outubro de 2007, 11.458, de 19 de março de 2007, e 12.350, de 20 de dezembro de 2010, e a Medida Provisória nº 2.185-35, de 24 de agosto de 2001; e revoga dispositivos da Lei nº 9.649, de 27 de maio de 1998
Decreto nº 7.746	5 de Junho de 2012	Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP
Instrução Normativa nº 10 - MPOG	12 de Novembro de 2012	Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável de que trata o Art. 16, do Decreto nº 7.746, de 05 de junho de 2012, e dá outras providências

Instrução Normativa nº 2 - MPOG	4 de Junho de 2014	Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal Direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit
Portaria nº 23 - MPOG	12 de Fevereiro de 2015	Estabelece boas práticas de gestão e uso de Energia Elétrica e de Água nos órgãos e entidades da Administração Federal, direta, autárquica e fundacional e dispõe sobre o monitoramento de consumo desses bens e serviços
Decreto nº 9.178	23 de Outubro de 2017	Altera o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP

Fonte: Costa, 2018.

Esses eventos geraram resultados e documentos importantes que foram adotados por diversos países, como a Agenda 21, elaborada e lançada na Eco-92, na qual 179 países se comprometeram a contribuir com a preservação do meio ambiente. Esse documento é sistematizado em um plano de ações, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Desta maneira, percebe-se o aumento da preocupação em atingir padrões sustentáveis em escala global (OLIVEIRA, 2015).

Nesse contexto, introduziu-se nas empresas uma nova visão da questão ambiental. Inicialmente, para atender às regulamentações do setor público e, posteriormente, para atender às exigências dos *stakeholders* e da sociedade como um todo (NASCIMENTO, 2012). Diante disso, Christiansen e Sandor (2000) afirmam que é inegável a influência da questão ambiental no mundo dos empreendimentos, a tal ponto que as empresas que compreenderem tal realidade irão obter vantagens estratégicas.

1.2. Problematização

O setor da construção civil ganhou grande relevância no Brasil, do ponto de vista econômico e social, a partir da década de 1950, com a criação do Plano de Metas pelo então presidente Juscelino Kubitschek (CUNHA, 2012). Deste momento em diante, o número de empresas e pessoas empregadas no setor cresceu significativamente, tornando-se extremamente relevante para a economia do país.

De acordo com o último dado divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE na **Pesquisa Anual da Indústria da Construção** (IBGE, 2017), a construção civil corresponde a 5,2% do Produto Interno Bruto - PIB nacional com mais de 126 mil empresas ativas. Além da expressiva influência econômica, o Conselho Internacional da Pesquisa e Inovação na Construção - CIB ressalta a construção civil como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais (CIB, 1999). Ademais, o impacto relacionado à geração de resíduos pelo setor também é um problema. De acordo com pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em 2017, foram coletadas cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição no Brasil, o que corresponde a mais de 50% do total de resíduos sólidos urbanos coletados (ABRELPE, 2017).

Os impactos ambientais causados diretamente pela construção civil tornaram-se relevantes a partir da década de 1990 com a divulgação da Agenda 21 (OLIVEIRA, 2015). A partir da mesma, foram elaborados documentos específicos para a construção, como a “*Agenda Habitat II*”, apresentada na Conferência das Nações Unidas, em Istambul, em 1996; a “*Agenda 21 on Sustainable Construction*”, publicada em 1999, na Holanda; e a “*Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries*” desenvolvida em 2002, na África do Sul.

Entretanto, na Agenda 21 sobre Construção Sustentável ressalta-se que a interpretação da sustentabilidade na construção mudou com o passar dos anos.

No princípio, a ênfase estava em como lidar com a questão da escassez dos recursos, em particular da energia, e como reduzir os impactos no ambiente natural. Uma década atrás, a ênfase passou a ser também posta em questões mais técnicas da construção, como materiais, componentes dos edifícios, tecnologias da construção e concepções de projeto relacionadas com a energia (ONU, 1992, tradução nossa).

Dessa forma, a tomada de decisão dos materiais e métodos construtivos a serem utilizados na construção deve considerar não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também aqueles relacionados ao meio ambiente. Loturco (2015) define dez critérios técnicos importantes a serem avaliados na seleção de um material: consumo de água e recursos energéticos para a fabricação; geração de poluentes na fabricação; redução de matérias-primas e uso de materiais recicláveis; distância entre obra e a fábrica e procedência do produto; geração e gestão de resíduos na obra; economia de energia ou água de operação; durabilidade e facilidade de manutenção; reciclabilidade do produto e destinação pós-consumo; emissão de substâncias nocivas à saúde humana; e a legalidade e responsabilidade socioambiental do

fabricante. A verificação desses critérios é importante para se determinar o quão sustentável é o material a ser utilizado.

Contudo, conforme conta Martins (2004), a indústria de materiais e componentes enfrenta dificuldades no processo de inovação. Um dos principais problemas pontuados são os oligopólios de fabricantes de matéria-prima, tal como de cimento, que interferem nos negócios e capacidade de investimento de pequenas e médias empresas dependentes desses insumos. Além da falta de motivação frente às questões como patentes e direitos de exploração de inovações, existem impedimentos quanto à homologação, avaliação ou aprovação de produtos ou processos construtivos inovadores. Outro fator que traz dificuldade para a inovação, segundo De Bes e Kotler (2011), está no ser humano que por natureza é avesso a mudanças, o que dificulta a implementação de qualquer processo inovador.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

A partir das informações compiladas, desenvolver um estudo de custo benefício do uso de fardos de palha na vedação de paredes de uma casa localizada em Macaé, Rio de Janeiro, em comparação ao uso da alvenaria convencional de blocos cerâmicos, e analisar os dados obtidos com um survey aplicado com diversos proprietários de construções com fardos de palha ao redor do mundo.

1.3.2. Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral, têm-se os objetivos específicos:

- a) Identificar os insumos necessários para a vedação das paredes com blocos cerâmicos e com fardos de palha;
- b) Levantar os custos e índice de consumo para cada insumo;
- c) Analisar quantitativamente os valores obtidos com as composições de custos;
- d) Aplicar o survey na população amostral determinada;
- e) Analisar quantitativa e qualitativamente os resultados obtidos com o survey.

1.4. Justificativa

A fase de planejamento e projeto de um empreendimento é fundamental. Segundo Queiroz (2001) “é a concretização de uma ideia concebida, fundamentada em parâmetros pré-estabelecidos e organizada segundo planos ou passos concretos e racionalizados, que

concorrem para a realização daquele objetivo”. Dentro da construção civil, o projeto pode ser definido como:

Atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de produção (MELHADO, 1994).

O planejamento é um processo de tomada de decisão (FILHO & ANDRADE, 2010), que determina os materiais e componentes, métodos, atividades, equipamentos, entre outros aspectos importantes a serem utilizados, considerando como horizonte de tempo todo o período da obra. A determinação de um desses quesitos pode influenciar em outros, como os custos e cronograma do projeto.

Este trabalho justifica-se na tomada de decisão quanto ao material e metodologia construtiva a serem utilizados na fase de planejamento de uma obra, de maneira que o escolhido favoreça a sustentabilidade da construção sem comprometer, de modo negativo, os outros aspectos do projeto. Ademais, o uso de um novo material pode trazer uma alteração no processo de produção da edificação, sendo necessária, dessa forma, uma avaliação da viabilidade da sua prática no Brasil.

1.5. Metodologia

A trajetória de desenvolvimento deste trabalho consiste na compilação de informações a partir de fontes bibliográficas já publicadas. Por falta de bibliografia disponível no Brasil e em português, foram utilizados diversos sites e publicações encontradas sobre o tema na internet, originadas de diversos países. Os sites de associações estrangeiras de construtores com fardos de palha foram importantes fontes de informação, cooperando com o entendimento do histórico do uso desse tipo de construção e fornecendo bibliografias confiáveis para consulta.

A partir da pesquisa bibliográfica, o trabalho seguiu por dois caminhos distintos, um deles foi a elaboração de um estudo de custo benefício para a realização de dois projetos em Macaé, Rio de Janeiro. Enquanto o outro seguiu para a realização de uma pesquisa utilizando o método survey, de abordagem qualitativa, com proprietários de construções com fardos de palha ao redor do mundo.



Figura 1 - Trajetória de Desenvolvimento do Trabalho
Fonte: Elaborado pela Autora

Para o estudo de custo benefício, os projetos foram determinados e consistiam na vedação das paredes de uma residência. No primeiro seria utilizado como material principal os blocos cerâmicos e no outro, fardos de palha. Foi realizada uma composição dos custos para os projetos, para tal foram estabelecidos três orçamentos de cada material com fornecedores de Macaé, Rio de Janeiro, e a média dos valores foi utilizada para o cálculo do custo final dos projetos. Especificamente para os fornecedores de fardos de palha, foi adotado o menor valor devido à discrepância entre os preços dos mesmos. Já para a mão de obra, utilizaram-se os valores de referência do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil - SINAPI para o Rio de Janeiro, de abril de 2019. Foi considerado o uso de mão de obra apenas no projeto de blocos cerâmicos, pois o projeto com fardos de palha pode ser executado em regime de mutirão. A partir dos custos finais de cada projeto é possível estabelecer uma comparação entre os dois. No entanto, a tomada de decisão fica a critério do executor dos mesmos.

Após o estudo, a segunda trajetória tomada por este trabalho foi uma pesquisa utilizando o método survey. A mesma foi realizada através de um questionário online, conforme anexo A, desenvolvido com o objetivo de receber um *feedback* de pessoas que

possuem e habitam uma edificação construída com fardos de palha. A partir dos resultados obtidos com essa população amostral, foi possível extrapolar as características e opiniões recebidas para todo o universo das construções com fardos de palha.

Os cadastros das edificações podem ser encontrados no site da *Sustainable Sources*, sendo os mesmos realizados voluntariamente por cada proprietário. De acordo com a última atualização, em 15 de julho de 2019, existem 1676 edificações ao redor do mundo, espalhadas em 51 países. Entretanto, eles estimam existir em torno de dez vezes mais edificações que as cadastradas no mínimo. O país que possui mais cadastros é os Estados Unidos, com 787 construções de palha, seguido da China com 597. A Figura 2 ilustra a distribuição das construções de fardos de palha cadastradas ao redor do mundo.

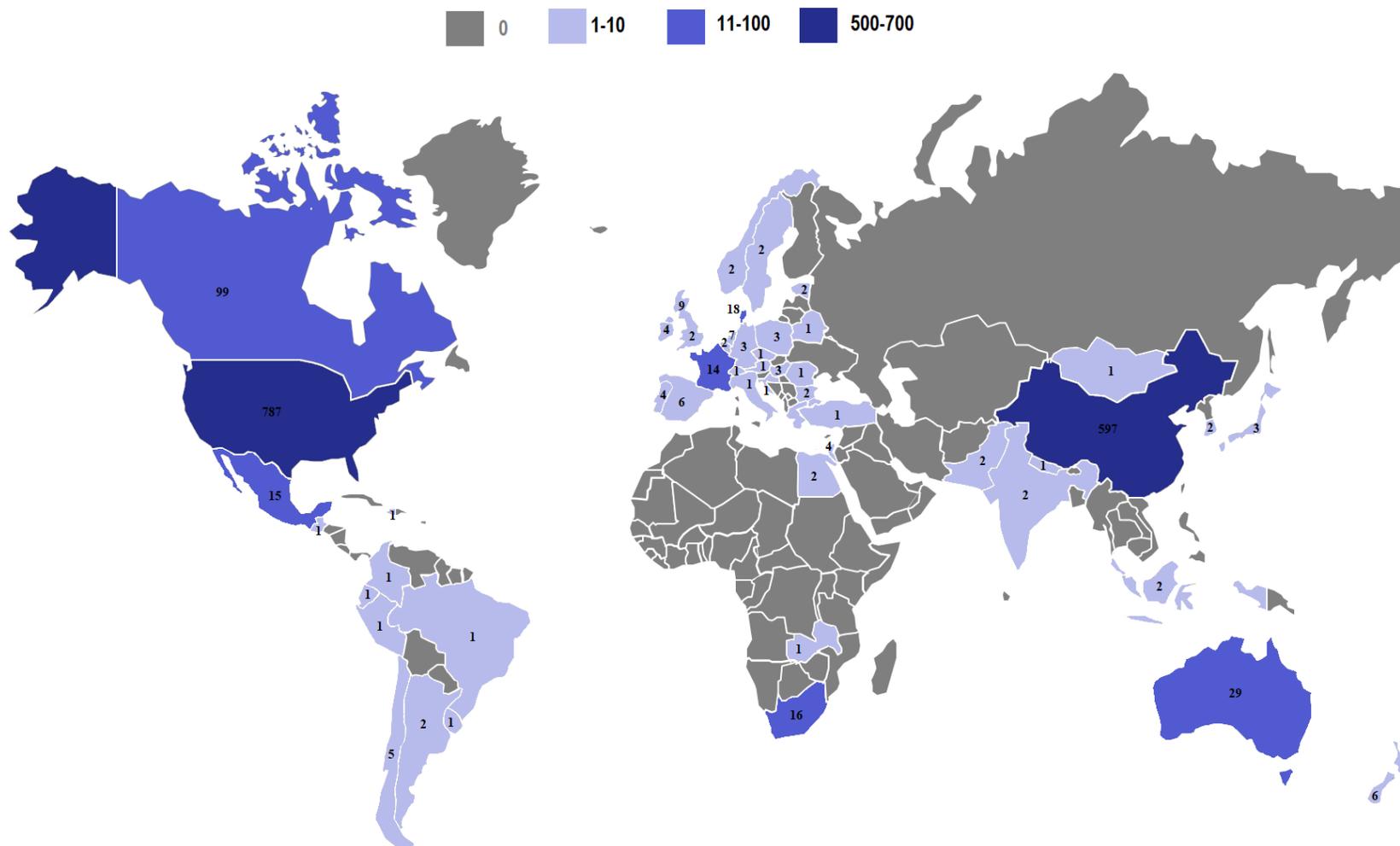


Figura 2 - Construções de Palha ao Redor do Mundo

Fonte: Elaborada pela autora com base nos dados disponíveis em: < <http://sbregistry.sustainablesources.com/search.straw>>.

Apesar dos diversos cadastros, os mesmos não precisam necessariamente estar disponíveis para consulta por questões de privacidade dos proprietários. Ao realizarem os cadastros, eles determinam quais informações estarão acessíveis ao público e quais não. Dentre os que informaram um endereço de e-mail válido para contato, foi enviado um e-mail solicitando a participação no survey no dia 13 de março de 2019. O período de captação de resposta foi de cerca de um mês, ou seja, até 18 de abril de 2019. Dos enviados, 316 e-mails foram entregues, dos quais 77 participaram e responderam ao questionário, conforme apresentado na Tabela 1. Desta forma, foi obtida uma taxa de resposta de 24,4%.

Tabela 1 - Países com Construções de Palha

País	Cadastros	Enviados	Respondidos	Taxa de Resposta
África do Sul	16	1	0	0,0%
Alemanha	3	0	0	-
Argentina	2	0	0	-
Austrália	29	8	6	75,0%
Áustria	1	1	1	100,0%
Bielorrússia	1	0	0	-
Bélgica	2	2	0	0,0%
Brasil	1	0	0	-
Bulgária	2	0	0	-
Canadá	99	32	6	18,8%
Chile	5	1	0	0,0%
China	597	0	0	-
Colômbia	1	0	0	-
Coréia do Sul	2	0	0	-
Croácia	1	0	0	-
Dinamarca	18	4	1	25,0%
Egito	2	0	0	-
Equador	1	0	0	-
Espanha	6	1	0	0,0%
Estados Unidos	787	242	57	23,6%
Estônia	2	0	0	-
França	14	2	0	0,0%
Guatemala	1	0	0	-
Haiti	1	0	0	-
Hungria	3	0	0	-
Índia	2	0	0	-
Indonésia	2	1	0	0,0%
Inglaterra	2	1	0	0,0%
Irlanda	4	2	0	0,0%

Israel	4	2	1	50,0%
Itália	1	1	0	0,0%
Iugoslávia	1	0	0	-
Japão	3	1	1	100,0%
México	15	3	0	0,0%
Mongólia	1	0	0	-
Nepal	1	1	0	0,0%
Noruega	2	1	0	0,0%
Nova Zelândia	6	2	0	0,0%
Países Baixos	7	3	0	0,0%
Paquistão	2	0	0	-
Peru	1	0	0	-
Polônia	3	0	0	-
Portugal	4	1	1	100,0%
Reino Unido	9	3	3	100,0%
República Checa	1	0	0	-
Romênia	1	0	0	-
Suécia	2	0	0	-
Suíça	1	0	0	-
Turquia	1	0	0	-
Uruguai	1	0	0	-
Zâmbia	1	0	0	-
Total	1676	316	77	24,4%

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados disponíveis em

<<http://sbregistry.sustainablesources.com/search.straw>> e nos dados obtidos no survey

O idioma escolhido para elaboração do questionário foi o inglês. Além de ser considerado um idioma universal, o próprio site de onde os cadastros foram retirados se encontra na língua inglesa. A tradução foi feita livremente pela autora, sem consulta a um tradutor juramentado. Dois métodos de resposta ao survey foram oferecidos a cada participante. A primeira opção era através de um PDF preenchível anexado ao e-mail, no qual bastava preencher as respostas e reenviá-lo em anexo. A segunda opção foi através de um link que redirecionava os destinatários a um formulário online Google, o qual eles preenchiam e as respostas eram salvas automaticamente para posterior consulta. Das respostas obtidas, 77,9% foi através da segunda opção. E, dos questionários respondidos recebidos, dois foram eliminados do estudo por não terem respondido perguntas suficientes. Por este motivo, apenas setenta e cinco foram utilizados nas análises dos resultados.

As taxas de resposta dos países variaram muito e, apesar de dos Estados Unidos ter sido relativamente baixa, correspondente a 23,6%, ela representa 74,0% de todas as respostas obtidas. O restante variou entre países da Europa, Austrália, Japão, Israel e Canadá. Quanto ao

cadastro relativo ao Brasil, foi estabelecido contato através do endereço de e-mail informado. No entanto, a construção em questão era um projeto que não foi executado, cujo cadastro foi feito inadequadamente.

1.6. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, sendo o primeiro introdutório, no qual o tema escolhido é contextualizado. A partir de sua contextualização, é apresentada sua problematização, objetivos do mesmo e, respectiva justificativa. Os métodos utilizados ao longo de seu desenvolvimento foram definidos e a estrutura do trabalho foi identificada.

No segundo capítulo foi elaborada uma revisão bibliográfica, onde é apresentada a trajetória histórica da construção com fardos de palha. São definidas características físicas, técnicas e métodos específicos desse tipo de construção.

No terceiro capítulo, um estudo de custo benefício foi elaborado para se estabelecer parâmetros de comparação entre o uso da alvenaria convencional e o fardo de palha no Brasil. Mais especificamente, em Macaé, Rio de Janeiro. Materiais e custos foram levantados e os valores obtidos apresentados.

No quarto capítulo realizou-se uma análise dos resultados obtidos com o survey. A amostral populacional da pesquisa foram proprietários de construções com fardos de palha ao redor do mundo. Os resultados foram apresentados descritos no texto e graficamente, analisando satisfações e insatisfações apresentadas pelos participantes ao longo da pesquisa.

No quinto e último capítulo é apresentada a conclusão deste trabalho, assim como limitações e sugestões de temas para trabalhos futuros. Após o mesmo, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico

Segundo Joubert (2001), foi a partir da criação da enfardadeira que o fardo de palha começou a ser considerado um material de construção. A autora afirma ainda, que o uso de deste material começou a ser considerado significativo no Nebraska, EUA, sendo a primeira edificação documentada uma escola construída entre 1886 e 1887, no condado de Scotts Bluff.

Segundo o site da *Harvest Homes* (2014), as edificações com os fardos de palha começaram a surgir no Nebraska a partir da necessidade de construções de abrigos para seus animais no inverno. No entanto, apesar de normalmente essas construções serem de madeira, este material estava em falta, por este motivo recorreram ao material que possuíam em abundância.

Eles empilharam os fardos, colocaram um telhado e acrescentaram um reboco de barro. O resultado foi excelente. O isolamento contra o frio excedeu qualquer edificação de madeira. Os fazendeiros, então, também construíram suas próprias casas com os fardos de palha (HARVEST, 2014, tradução nossa).

No site da *Harvest Homes* (2014) se afirma ainda que muitas edificações dessa época estão originalmente intactas. A igreja *Pilgrim Holiness Church* (Figura 2) construída em 1928, no condado de Arthur, no Nebraska, é a edificação mais antiga ainda existente nos Estados Unidos, de acordo com o *National Register of Historic Places* – NRHP (Registro Nacional de Lugares Históricos dos Estados Unidos). A igreja foi restaurada em 1976 e atualmente funciona como um museu, mantido pela *The Arthur County Historical Society* (A Sociedade Histórica do Condado de Arthur).



Figura 3 - Pilgrim Holiness Church
Fonte: NRHP ,1979

Entretanto, existem registros de construções de palha que antecedem a *Pilgrim Holiness Church*. A edificação mais antiga da Europa se encontra na França, na cidade de Montargis, segundo informado pelo *Centre National de la Construction Paille* – CNCP (Centro Nacional de Construção de Palha). Ela foi projetada em 1920 e construída em 1921, por um engenheiro chamado Émile Feuillete. Conhecida como *La Maison Feuillete* (A casa de Feuillete), em 2013 ela foi adquirida pela *Réseau Français de la Construction Paille* - RFCP (Rede Francesa de Construção de Palha) para preservação da edificação e se tornou a sede do CNCP (Figura 3). Segundo publicado no site, Feuillete era considerado um visionário, visto que a brilhante ideia de utilizar a palha como material de construção foi devida a suas preocupações com a economia em um contexto pós-guerra vivida na França na época.

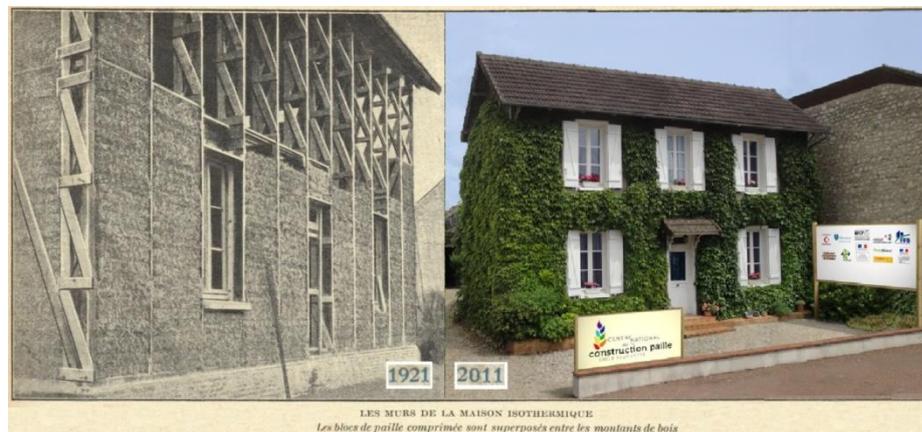


Figura 4 - La Maison Feuillete
Fonte: Ruppert, 2013

Na época da construção, um jornalista chamado Gustave Lamache, da revista *La science et la vie* (A ciência e a vida), despertou interesse pela construção e a registrou em uma de suas matérias, conforme apresentado na Figura 4.

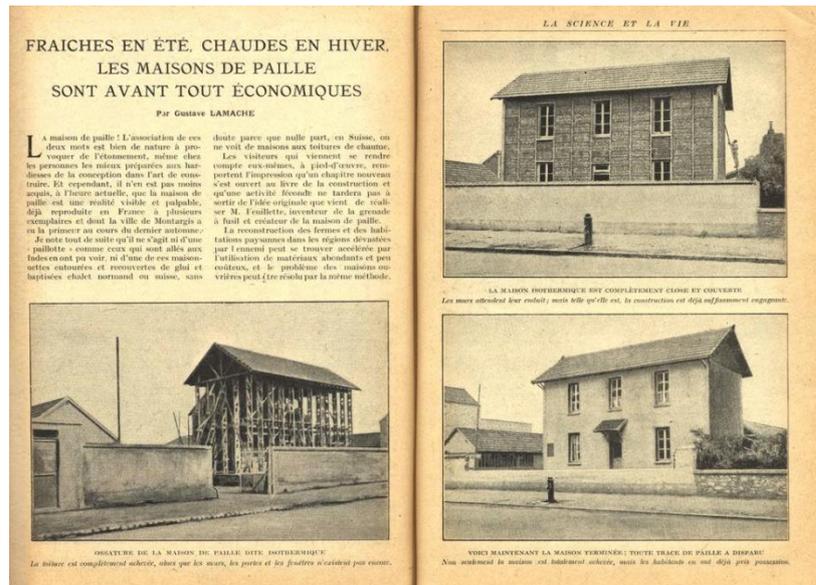


Figura 5 - Matéria por Gustave Lamache
Fonte: CNCP, [201-?]

Segundo Minke e Mahlke (2005) foram desenvolvidos a partir de então dois métodos construtivos com a palha. O primeiro método é chamado de sistema de paredes portantes, ou método Nebraska, por ter sido o utilizado na região no final do século XIX. O mesmo consiste em fardos empilhados, sobre os quais fica apoiada a estrutura do telhado, transmitindo essa carga diretamente para a fundação. O segundo método é chamado de sistema de paredes não portantes. Nesse sistema é feito o uso de uma estrutura independente, normalmente de madeira, preenchida ou revestida com os fardos de palha.

Construída em 1938, em Huntsville, Alabama, a *Burrit Mansion* (Figura 5) é considerada uma das primeiras construções nos Estados Unidos com o uso de sistema de paredes não portantes (Minke e Mahlke, 2005). Foram utilizados em torno de 2200 fardos de palha no total e hoje a casa funciona como um museu.



Figura 6 - Burrit Mansion, 1938
Fonte: Minke e Mahlke, 2005

O método Nebraska se difundiu ao longo dos anos de 1915 a 1930 e, aparentemente, a partir de então começou a diminuir significativamente (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). Somente nas décadas de 1970 e 1980, as casas de palha tiveram um renascimento, isto foi devido às diversas publicações que surgiram sobre o tema nos Estados Unidos (MINKE & MAHLKE, 2005). Em 1973, Welsch publicou um artigo que introduziu o conceito da construção com palha para os leitores que buscavam métodos alternativos de construção (MYHRMAN & MACDONALD, 1997).

A técnica estava sendo usada quase que exclusivamente em áreas rurais, onde as pessoas poderiam construir "sem o benefício de códigos". Ficou claro que para a técnica para ser legal em áreas mais povoadas, testes estruturais relacionados às forças do vento e sísmicas deveriam ser realizados. E, assim, pela primeira vez, o conceito de "construção com fardo de palha" reuniu um grupo de indivíduos dispostos a investir seu dinheiro, tempo e energia para o benefício do seu renascimento. (MYHRMAN & MACDONALD, 1997, tradução nossa).

A partir deste momento, ergueram-se tantas construções de fardos de palhas por todos os Estados Unidos que começaram a surgir as primeiras regulamentações. Segundo Minke e Mahlke (2005), as primeiras normas oficiais para o método de paredes não portantes surgiram no estado do Novo México, EUA, em 1991, e foi chamada de *New Mexico Strawbale Construction Guideline* (Guia de Construção com Fardos de Palha do Novo México). Além do mais, desde 2015, foi incluído no *International Residential Code – IRC* (Código Internacional Residencial) dos Estados Unidos um apêndice com os códigos para construções com fardos de palha. Na seção AR101 do apêndice afirma: “Este apêndice fornece requisitos prescritivos e baseados no desempenho do fardo de palha para o uso do mesmo como material de construção”.

Na década de 1990, ocorreram inúmeras oficinas e workshops sobre a construção com palha, tanto nos Estados Unidos, quanto no Canadá e por toda a Europa. A maioria deles liderados por auto construtores (MINKE & MAHLKE, 2005). Além do mais, inicialmente a construção com palha era realizada apenas em regiões de clima seco, atualmente, regiões de clima mais tropical também tem utilizado esse material (JOUBERT, 2001).

Em 1993, ocorreu a primeira conferência internacional sobre o tema “construções com fardos de palha”, que deu origem à fundação *National Straw Bale Research Advisory Network* (Rede Nacional de Assessoria à Pesquisa de Fardo de Palha). A partir de então, começaram a surgir diversas associações no mundo com o objetivo de difundir a construção com a palha (MINKE & MAHLKE, 2005). A primeira associação europeia, de acordo com Minke e Mahlke (2005), surgiu na Alemanha em 2002, a *Fachverband Strohballebau Deutschland*

(Associação de Fardos de Palha da Alemanha). Na Europa, além de associações nacionais que foram surgindo ao longo dos anos, existe a ESBA - *European Straw Building Association* (Associação Europeia de Construção de Palha), que foi fundada em 2016, em Veneza, na Itália, conforme informado por Jagielak (2019), secretário da associação. A ESBA possui como membros organizações de diversos países, assim como pessoas interessadas na divulgação da construção com palha, conforme conta o próprio site da ESBA e adaptado nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Países Membros Plenos da ESBA

Membro Pleno: organizações nacionais sem fins lucrativos	
Associação	País
ArTUR – Sustainable Architecture	Eslováquia
ASBN – Austrian Straw Bale Network	Áustria
COMPALHA – Associação para a bioconstrução com materiais naturais em Portugal	Portugal
EME – Eestimaehitus	Estônia
FASBA – Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V.	Alemanha
MSZE – Magyar Szalmaepitok Egyesulete – Hungarian Strawbuilders Association	Hungria
OSBN – Ogólnopolskie Stowarzyszenie Budownictwa Naturalnego	Polônia
Promopaglia	Itália
RCP – Red de Construcción con Paja	Espanha
RFCP – Réseau Français de la Construction en Paille	França
SBUK – Strawbale Building UK	Reino Unido
SBN – Strobouw Nederland	Holanda
Stroh – Paille – Paglia	Suiça

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados disponíveis em: <<http://www.strawbuilding.eu/about-esba/members/>>.

Quadro 3 - Países Membros Associados da ESBA

Membros Associados: qualquer tipo de organização ou pessoa interessada	
Associação	País
BiWeNa	Alemanha
Le Gabion	França
Paille-Tech srl	Bélgica
Spyros Panagos	Grécia
Prefabio	Romênia
Emmanuel Laugs	Holanda

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados disponíveis em: <<http://www.strawbuilding.eu/about-esba/members/>>.

Além das associações, uma organização voluntária, chamada *Sustainable Sources* (Fontes Sustentáveis), desenvolveu um site para registro e consulta de edificações de palha existentes no mundo, o *Strawbale Building Registry* (Registro de Construções de Fardo de Palha). De acordo com registros atualizados em julho de 2019, no mundo existem 1676 estruturas, sendo o país com a maior quantidade os Estados Unidos, possuindo 786, seguido da China, com 587. Infelizmente, segundo o próprio site, os números não refletem inteiramente a realidade, pois consideram apenas as construções que foram registradas voluntariamente pelos seus próprios donos. Por este motivo, eles estimam ter no mínimo dez vezes mais estruturas existentes do que as registradas.

2.2. A palha

Segundo o conhecido dicionário Aurélio da Língua Portuguesa existem doze significados para o termo “palha”, que variam de acordo com o contexto utilizado. A primeira e principal definição é “haste seca das plantas gramíneas” (FERREIRA, 2009). As gramíneas são uma família de plantas, cujo nome científico é *Poaceae*, considerada a mais abundante e importante família no mundo, representando cerca de 24% de toda vegetação no planeta. São encontradas em todos os continentes, em climas e habitats variados, desde desérticos a aquáticos. A família Poaceae agrupa em torno de 10.000 espécies de plantas, desde ervas/capins com poucos centímetros a bambus gigantes com 40 metros de altura e 30 centímetros de diâmetro. São plantas perenes ou anuais e, geralmente, terrestres (CAMPBELL, 2016).

“A inflorescência primária das gramíneas é a espiguetas” (CAMPBELL, 2016), utilizada como característica para identificação das espécies e gênero. As espiguetas são como unidades de dispersão das sementes/grãos, isto as torna uma importante fonte de alimento, pois a maioria produz grãos comestíveis.

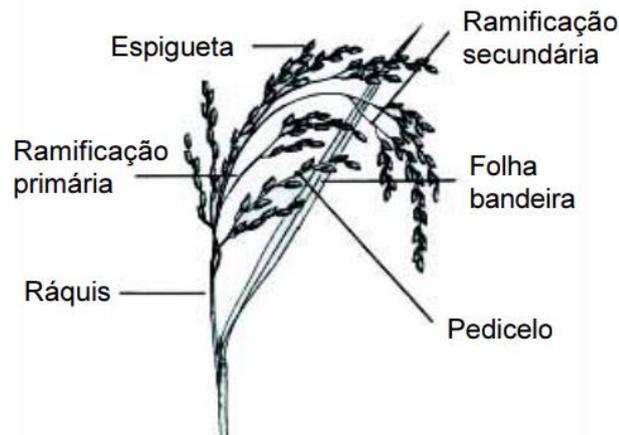


Figura 7 - Espiguetas do Arroz
Fonte: Arraudeau e Vergara, 1988

Segundo Campbell (2016), as gramíneas ocupavam, em 2016, cerca de 70% das terras agrícolas no mundo. No Brasil, dentro da família Poaceae, existem 56 espécies de gramíneas cultivadas, segundo o banco de dados Re flora, administrado pelo Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. No Quadro 4 estão listadas as mais conhecidas cultivadas no Brasil.

Quadro 4 - Gramíneas Mais Conhecidas Cultivadas no Brasil

Nome Conhecido	Nome Científico	Distribuição Geográfica
Aveia	<i>Avena Sativa</i>	Sudeste, Sul
Arroz	<i>Oryza Sativa</i>	Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum Officinarum</i>	Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul
Centeio	<i>Secale Cereale</i>	Sul
Cevada	<i>Hordeum Vulgare</i>	Sul
Milho	<i>Zea Mays</i>	Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul
Trigo	<i>Triticum</i>	Sul, Sudeste, Centro-Oeste

Fonte: Elaborado pela autora

Dos grãos apresentados acima, as três maiores produções anuais no Brasil são da cana-de-açúcar, do arroz e do milho. Em 2018, foram mais de 670 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, mais de 11 milhões de toneladas de arroz e mais de 5 milhões de toneladas de trigo. Quanto ao milho, somente na primeira safra do ano foram mais de 25 milhões de toneladas e mais de 55 milhões de toneladas na segunda safra, segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2019). Quanto aos outros grãos, a produção de

aveia foi de 890.235 toneladas, a de cevada 325.081 toneladas e a de centeio, 8.184 toneladas (IBGE, 2019).

A palha é um residual agrícola de plantas gramíneas, ou seja, é a parte da planta que pode ser aproveitada após o processo de colheita dos grãos. Inclui partes como o caule, folhas e espiguetas. Posteriormente, a palha pode ser incinerada, utilizada como forragem para animais, para cobertura do solo, ou enfardada para uso fora do campo (BAKKER et al., 2013).

O processo de cultivo desses grãos não é sempre análogo. No Brasil, o arroz é produzido em dois sistemas de cultivo: sequeiro, em terras altas; e o irrigado, em várzeas. O sistema sequeiro é predominante na região Centro-Oeste, Nordeste e Norte, enquanto 90% do sistema irrigado é utilizado na região Sul do país (AZAMBUJA et al., 2000). O arroz é uma planta de produção anual. Sua inflorescência é chamada de panícula, que é um conjunto de espiguetas, conforme ilustrado na Figura 7. Nessas espiguetas são formados os grãos, que são envolvidos por uma casca. “A principal função da casca é proteger o fruto contra o ataque de insetos ou fungos” (GUIMARÃES et al., 2002).

O milho também é uma gramínea anual, no entanto é cultivada em lavouras. Ele é considerado um cultivar, ou seja, uma nova variedade da espécie devido à alteração ou introdução antrópica de alguma característica que não possuía antes. Por este motivo, as produtoras de sementes do milho possuem uma grande diversidade de cultivares, sendo possível a escolha da que melhor se adapte às condições a que será submetido na lavoura. Neste caso, o período de colheita dependerá do ciclo da cultivar utilizada e da época de semeadura (DARÓS, 2015).

O Brasil é atualmente o terceiro maior produtor de milho do mundo, atrás somente da China e Estados Unidos, segundo estimativas do *United States Department of Agriculture - USDA* (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) (ALLEN & VALDES, 2016). Anualmente são duas safras, sendo a primeira safra, também conhecida como safra normal ou de verão, cultivada predominantemente no Nordeste e Sul do país. E a segunda safra, também conhecida como safrinha, predominante na região Centro-Oeste e ao sul do estado do Paraná. Safrinha era um nome apropriado no passado, no entanto, hoje corresponde a maior safra da temporada no Brasil (ALLEN & VALDES, 2016).

A cana-de-açúcar também é cultivada em lavouras, no entanto, sua produção no Brasil atualmente tem como objetivo a produção de açúcar e etanol (ABREU et al., 2011). Atualmente, o Brasil é o maior exportador mundial de açúcar (COSTA & NOGUEIRA, 2018). Uma prática adotada nas lavouras canavieiras é a queima da palha, antecedendo o

período de colheita, objetivando facilitar o corte da cana, que é feito manualmente. Por esta razão, aproximadamente quatro milhões de toneladas de palha são queimadas a cada queima realizada (ABREU et al., 2011)

O crescimento e desenvolvimento das plantas são totalmente dependentes das condições edafoclimáticas, que são relativas às características do clima e do solo. E, apesar de plantadas em condições ideais, as culturas necessitam que elas sejam favoráveis durante todo o ciclo vegetativo e o cultivo na época mais apropriada minimiza os riscos (CONAB, 2017). Por este motivo, e em atendimento à Lei Agrícola nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, capítulo VIII, artigo 30, a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB desenvolveu um calendário agrícola, conforme ilustrado na Figura 7 o do arroz.

O calendário agrícola é uma fonte de informação que fornece ao produtor os meses nos quais se realizam a semeadura e a colheita de diversas culturas agrícolas ao longo do ano, de acordo com a região do país. Apesar de parte da semeadura, algumas vezes, ser plantada fora da época ideal, ou seja, fora do zoneamento agrícola, o calendário agrícola ajuda no acompanhamento da safra, uma vez que colabora para que o analista de safras tenha conhecimento do percentual de área plantada fora da época ideal, e assim, pode estar sujeito a condições climáticas desfavoráveis (CONAB, 2017).

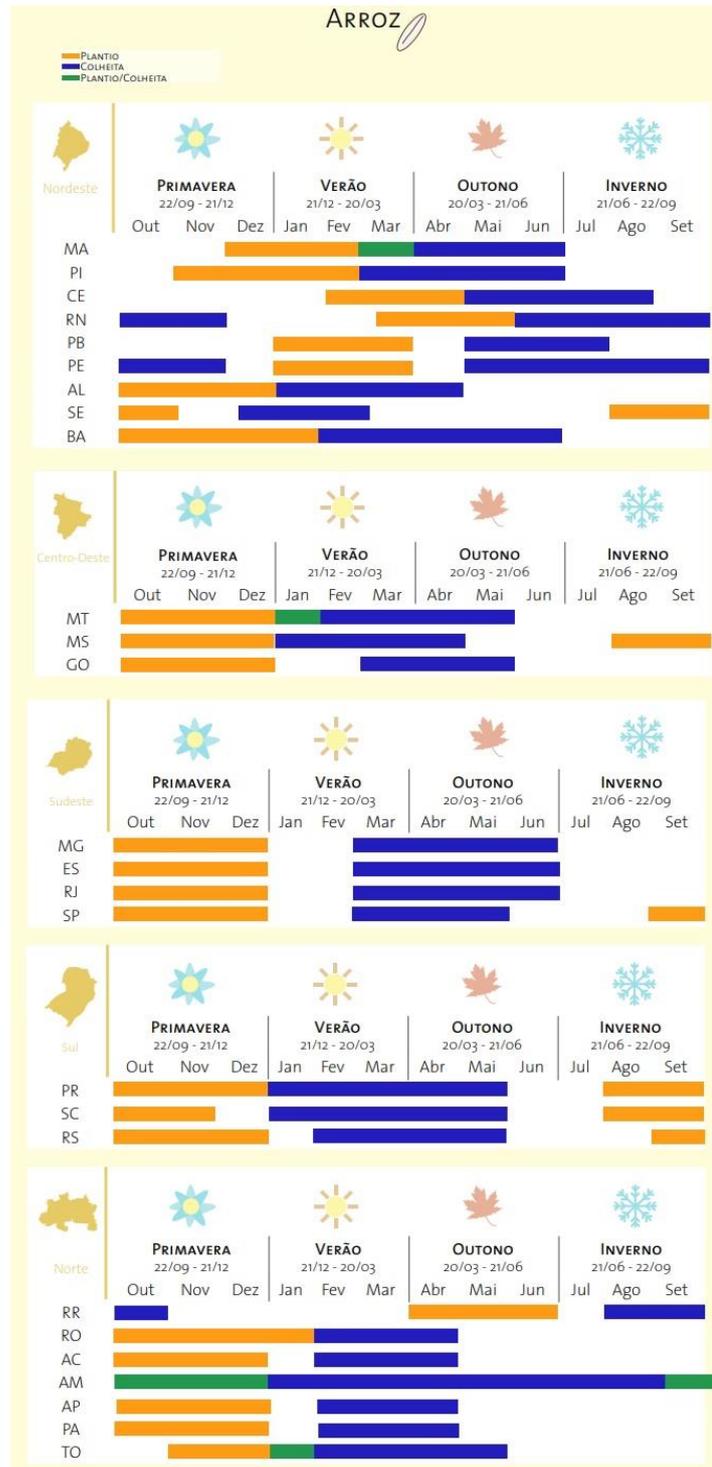


Figura 8 - Calendário Agrícola do Arroz

Fonte: CONAB, 2017

Desde o período de plantio, é necessária a execução de diversos tratos culturais, que são práticas realizadas de forma a permitir que a planta atinja todo seu potencial produtivo. Além do mais, essas ações facilitarão futuramente a colheita. Fazem parte dessas práticas: adubação de cobertura, controle de plantas invasoras, controle de pragas e doenças, irrigação suplementar, entre outras (DARÓS, 2015).

Após o término do ciclo de cultivo da planta, inicia-se a colheita dos grãos, que precede a colheita da palha. Segundo Bakker *et al.* (2013), existem dois métodos principais para a colheita de grãos que afetam a produção de palha. O primeiro é a colheita manual, onde ela é cortada manualmente e separada em feixes. Os feixes são amontoados e colocados em um sistema estacionário para a debulha, que é o processo de remover o grão da planta. Após o processo, uma pilha de palha é formada na saída do debulhador. A colheita dos grãos também pode ser feita manualmente, assim como a separação da palha.

No segundo método, o corte e a debulha da colheita é feita através de uma colheitadeira. A máquina se move pelo campo, cortando os pés da planta e, posteriormente, separando a espiga da palha. A espiga então é debulhada e a palha descartada em montes ao longo do caminho realizado pela máquina. A palha é deixada no campo e, após sua secagem natural, ela pode ser retirada por enfardadeiras para seu posterior uso, sendo essa a principal técnica de coleta desse produto. Podem ser obtidos pequenos fardos retangulares, grandes fardos retangulares ou fardos redondos (BAKKER *et al.*, 2013).

A estimativa de rendimento da palha é feita com base na produção de grãos. A proporção varia para cada tipo de grão e, segundo Bakker *et al.* (2013), para a palha de arroz essa proporção se encontra entre 0,7 a 1,5. Dessa maneira, de acordo com a produção de arroz no Brasil em 2018, acredita-se ter sido gerada entre 7,7 a 16,5 milhões de toneladas de palha a partir desse produto. Segundo Paes *et al.* (2008), para a produção de milho, a palha representa em torno de 10% do peso da espiga. Portanto, somente em 2018, acredita-se terem sido produzidas mais de oito milhões de toneladas apenas de palha desse produto, considerando as duas safras anuais.

2.3. Metodologia construtiva com fardos de palha

Para a produção dos fardos de palha são utilizadas enfardadeiras que recolhem a palha das plantações após o processo da colheita. Os fardos possuem diversos formatos e tamanhos, no entanto, o que determina suas dimensões é a seção da enfardadeira utilizada. Para a construção, são mais utilizados os fardos no formato retangular (MYHRMAN & MACDONALD, 1997).

Segundo Minke e Mahlke (2005), para o uso na construção são recomendados os fardos de trigo, arroz e centeio. Os fardos são amarrados com um fio, que pode ser de polipropileno ou de fibra natural, entretanto, os de polipropilenos são mais utilizados. O fio de fibra natural é utilizado apenas como último recurso, pois é suscetível a apodrecer, além de sua baixa resistência à tração (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). A quantidade de

amarrações do fardo varia em concordância com sua dimensão, conforme apresentado na Figura 9.

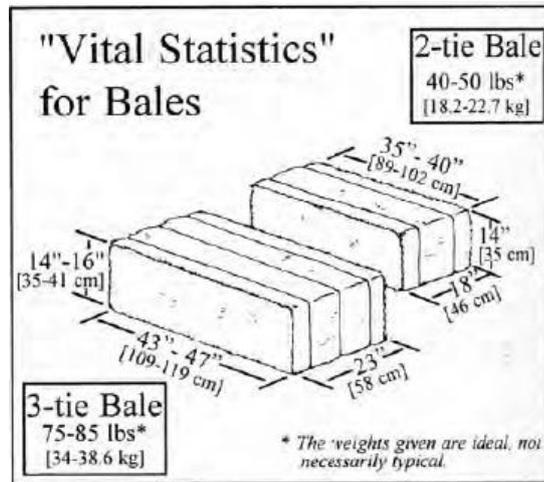


Figura 9 - Quantidade de Amarrações de Um Fardo
Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997.

Os fardos podem ser dispostos para a construção em duas posições: *on edge* ou *flat*, conforme ilustrado na Figura 10. Para o uso em sistemas de paredes não portantes, os construtores utilizam fardos com dimensões menores, com duas ou três amarrações e em ambas as posições (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). Além do mais, é recomendada uma pressão no processo de enfardamento tal qual a densidade final dos fardos seja entre 80 e 120 Kg/m³ (MINKE & MAHLKE, 2005). Já em sistemas de parede portantes, são utilizados fardos mais compactos, mais largos, com três amarrações e na posição *flat* (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). Os fardos mais compactos possuem a densidade variando entre 180 e 200 kg/m³ (MINKE & MAHLKE, 2005).

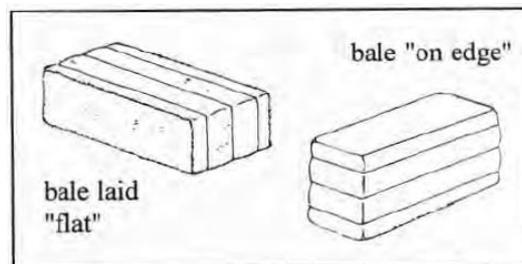


Figura 10 - Posições dos fardos
Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

Para uso na construção, os fardos devem estar secos, com o nível de umidade abaixo de 20%, segundo Minke e Mahlke (2005). Quanto mais seco, melhor, para que não ocorra a reprodução de fungos que interfiram nas características do fardo. É importante também que sejam armazenados de maneira que permaneçam secos, sem contato com a chuva ou com a

umidade do solo (MINKE & MAHLKE, 2005). Os fardos devem ser consistentes tanto no formato quanto na densidade, para que quando empilhados as paredes fiquem uniformes. Devem ser evitados fardos com as hastes curtas e quebradas, pois se não forem compridas o suficiente, o fardo pode não permanecer intacto durante seu manuseio (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). Além do mais, os fardos devem estar livres de ervas daninhas (MINKE & MAHLKE, 2005).

2.3.1. Fundação

A construção da fundação é a primeira etapa da obra, independentemente do sistema construtivo utilizado e é determinada durante a etapa de projeto. Um dos fatores que influencia essa escolha é a carga total da estrutura, se essa carga é distribuída uniformemente ao longo das paredes ou é concentrada em determinados pontos (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). Fundações para construção com o uso do sistema de paredes portantes são maiores devido às cargas e a superfície de apoio necessária para esse sistema. Entretanto, existem alternativas mais econômicas e tecnicamente viáveis, como o uso de sapatas corridas (MINKE & MAHLKE, 2005).

Após a finalização da etapa de fundação e da primeira laje, alguns vergalhões ficarão posicionados na vertical, onde, posteriormente, os fardos serão encaixados de modo que o vergalhão perfure o fardo para fixá-lo. Myhrman e MacDonald (1997) aconselham colocar os fardos a pelo menos 15 cm acima do nível do terreno, para evitar que os mesmos absorvam a umidade do solo, e entre 2,5 a 5 centímetros acima da laje interna por precaução.

2.3.2. Portas e Janelas

As molduras das portas devem ser posicionadas e, posteriormente, serão fixadas aos fardos. As molduras das janelas também devem ser posicionadas, no entanto só serão fixadas após início da etapa de construção das paredes, quando a altura dos fardos chegar a altura do peitoril. Dependendo das dimensões das aberturas, alguns fardos podem exigir modificações, como cortes, para se encaixarem ao redor das molduras (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). Entretanto, Minke e Mahlke (2005) aconselha que as aberturas coincidam em dimensão com os fardos. O mesmo autor ressalta que as aberturas não devem possuir largura maior que a altura e que as aberturas devem distar pelo menos um fardo de distância das quinas das paredes.

O posicionamento das janelas é de extrema importância. Se escolhida a posição errada, pode gerar problemas térmicos e até surgimento de mofo por acúmulo de água no beiral. Os

problemas podem ser evitados posicionando a janela no centro da parede, conforme na Figura 11 (MINKE & MAHLKE, 2005).

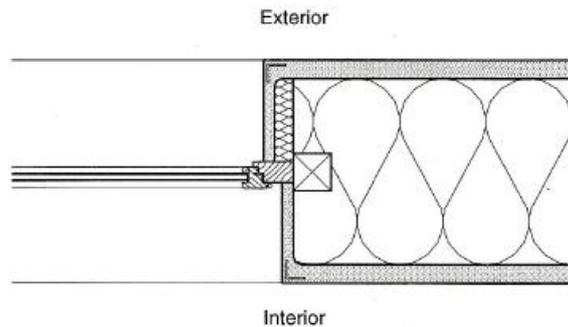


Figura 11 - Posicionamento da Janela na Parede de Fardo
Fonte: Minke e Mahlke, 2005

2.3.3. Paredes

a) **Sistema de Paredes Portantes**

Segundo Minke e Mahlke (2005), a proporção entre a altura e espessura das paredes não deve ser superior a 5:1. Os autores também afirmam que construções que utilizam fardos pequenos possuem apenas um pavimento, pois para edificações com dois pavimentos, é necessário o uso apenas de fardos grandes. Myhrman e MacDonald (1997) recomendam a instalação de guias nas quinas verticais antes de começar a empilhar os fardos. Os guias ajudarão a manter as paredes em linha reta na vertical, mas devem ser sempre checados com o prumo. Caso no encontro de duas paredes elas não estejam alinhadas, a única opção é desmontar e reconstruir. No caso de paredes curvas, que também são possíveis de serem construídas com os fardos, também é recomendável o uso de guias.

Os primeiros fardos a serem posicionados são os dos cantos e das laterais das molduras das portas, após estes estarem posicionados e fixados nos vergalhões da fundação, o restante dos fardos é posicionado e a primeira fileira é fixada. A segunda é sobreposta à primeira, de maneira que os fardos se alternem como na Figura 12. Nos cantos, para aumentar a estabilidade, uma alternativa é amarrar os fardos juntos. Os vergalhões também são utilizados para fixarem os fardos do meio das paredes e de fileiras diferentes, conforme representado na Figura 13 (MYHRMAN & MACDONALD, 1997).

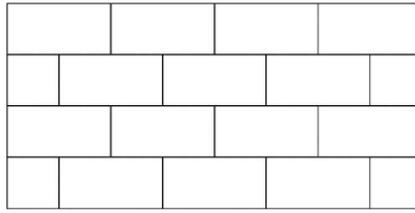


Figura 12 - Fardos Sobrepostos e Alternados (Visão Frontal da Parede)
Fonte: Elaborado pela Autora

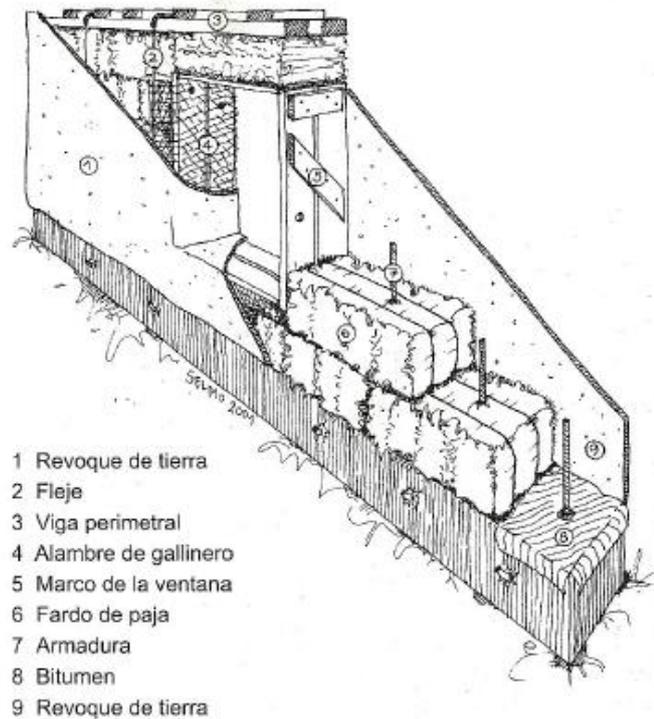
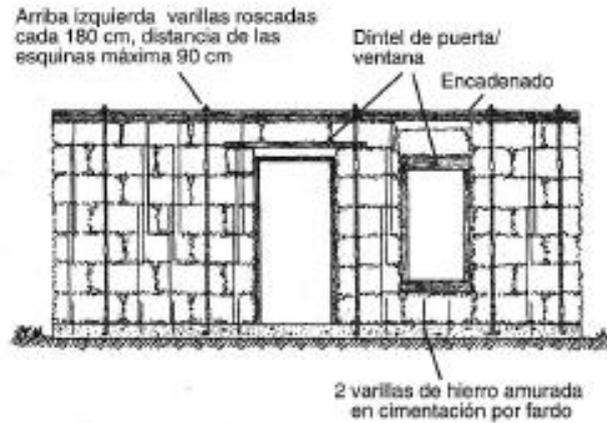
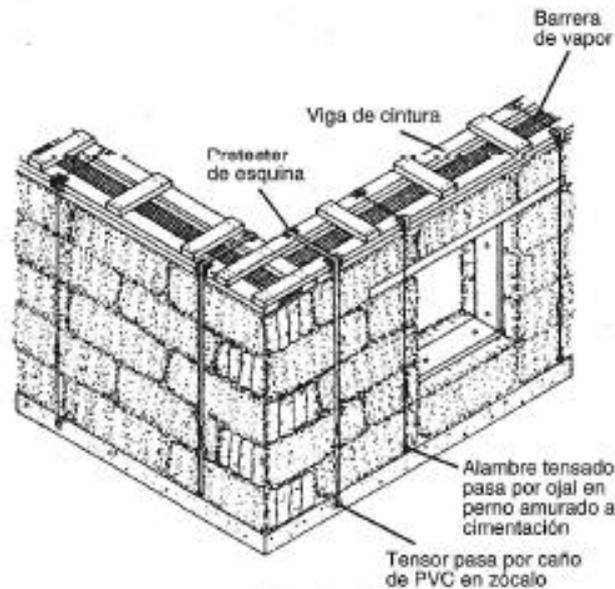


Figura 13 - Fixação dos Fardos com Vergalhões
Fonte: Minke e Mahlke, 2005

As molduras das janelas devem ser fixadas quando os fardos atingirem a altura ideal para tal. E então, após a instalação de todas as fileiras, é aconselhável a colocação de uma manta à prova d'água no topo da parede finalizada (MYHRMAN & MACDONALD, 1997). Em seguida, é necessária a instalação de uma viga em todo o perímetro da parte superior das paredes, chamada viga perimetral. A mesma deve estar unida à fundação mediante elementos de tração, como barras rosqueadas ou cintas externas, conforme apresentado na Figura 14, para que os fardos fiquem compactados e as paredes protendidas (MINKE & MAHLKE, 2005).



4.2-1 Muro portante de fardos de paja tensado en su interior con varillas roscadas (Steen et al. 1994)



4.2-2 Muro portante de fardos de paja tensado por flejes exteriores (Steen et al. 1994)

Figura 14 - Elementos de Tração das Paredes de Fardos
Fonte: Minke e Mahlke, 2005

A viga, além da função de terminação superior das paredes, desempenha funções importantes, como o recebimento das cargas do telhado, sua distribuição uniforme ao longo da parede e a estabilização dos fardos evitando a flambagem dos mesmos. Ela deve ser calculada de maneira que tenha resistência à flexão e, normalmente, o material de sua composição é a madeira (MINKE & MAHLKE, 2005).

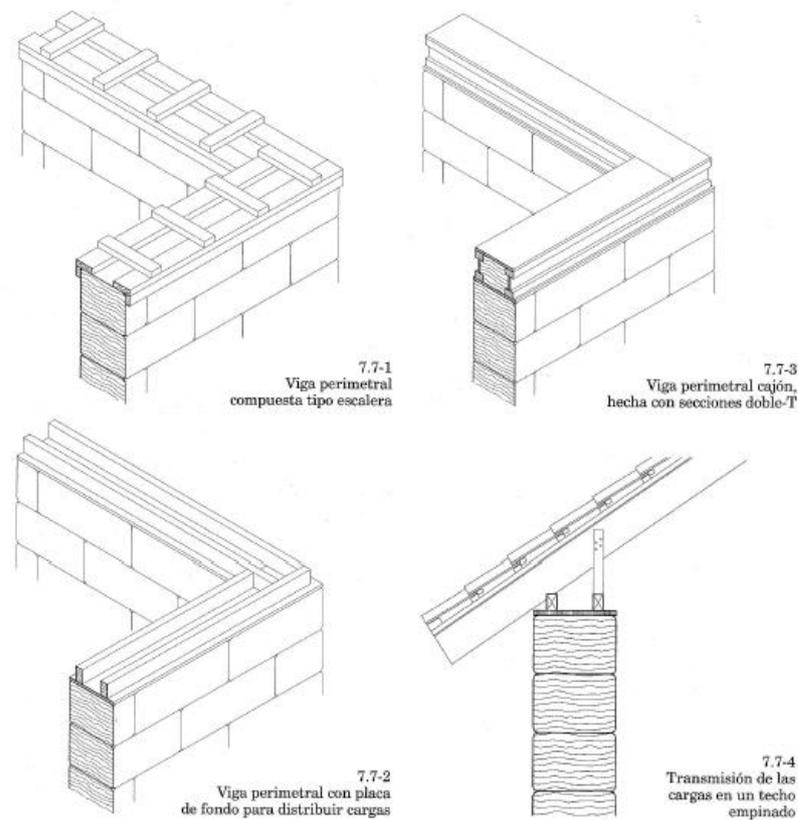


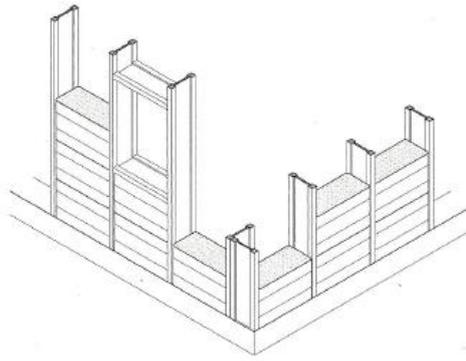
Figura 15 - Tipos de Viga de Madeira para Terminação Superior das Paredes

Fonte: Minke e Mahlke, 2005

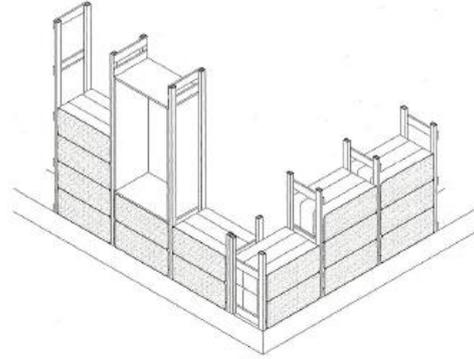
b) Sistema de Paredes Não Portantes

A estrutura existente no sistema de paredes não portantes tem como função principal a transmissão das cargas verticais, entretanto, também devem resistir às cargas horizontais, como a do vento. A estrutura pode ser de bambu, de madeira, de concreto ou até metálica. Tradicionalmente, nos Estados Unidos, a estrutura é de madeira (MYHRMAN & MACDONALD, 1997).

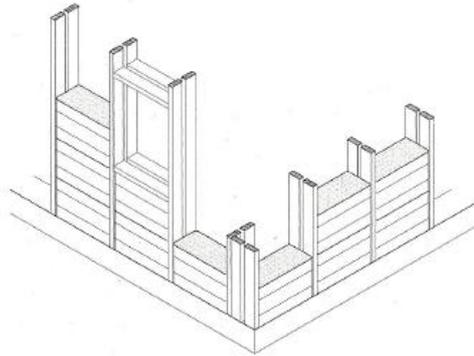
No caso da madeira, existem diversos formatos de pilares para formação da estrutura, no entanto, o importante é a dimensão e o espaçamento da estrutura coincidirem com a dimensão dos fardos. Após a fixação da estrutura na laje, os fardos são encaixados nos vãos até a altura desejada (MINKE & MAHLKE, 2005).



7.5-1a Pilares doble T



7.5-1c Perfis tipo escalera



7.5-1b Pilares de madera sólida

Figura 16 - Tipos de Pilares de Madeira Para Estrutura do Sistema de Paredes Não Portantes
Fonte: Minke e Mahlke, 2005

Quando não é utilizada a estrutura de madeira, mas a de concreto ou metálica, existem outros métodos de fixação dos fardos nas colunas, como com o uso de vergalhões ou telas metálicas (MYHRMAN & MACDONALD, 1997), conforme apresentado na Figura 17.

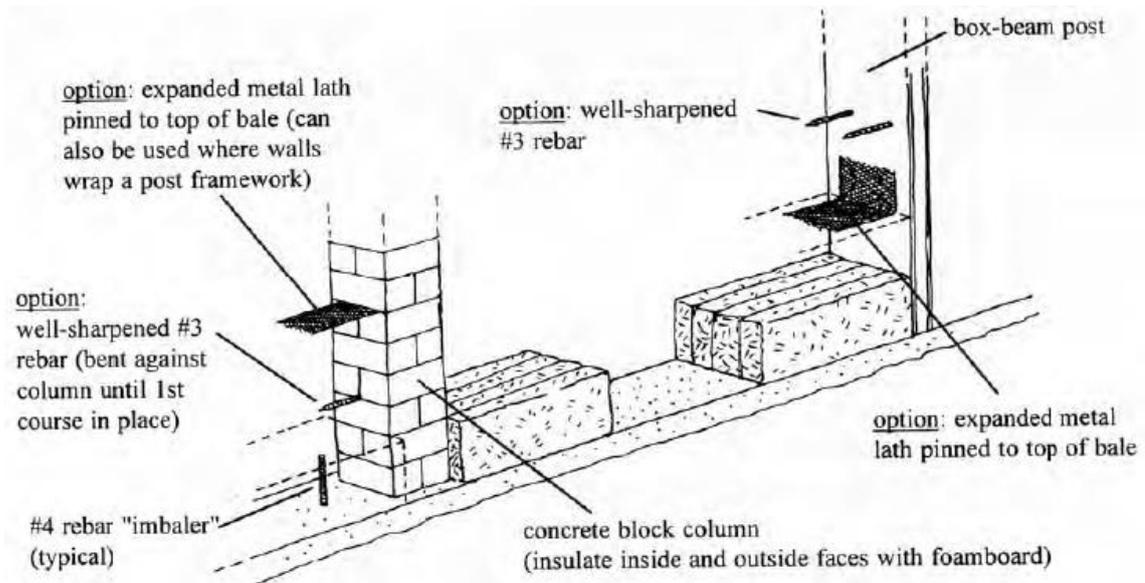


Figura 17 - Exemplos de Fixação dos Fardos de Palha em Estruturas de Concreto e Metálicas
Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

Assim como no sistema de paredes portantes, a moldura das janelas é fixada na estrutura durante o processo de empilhamento dos fardos, quando a cota ideal for atingida. E, após a finalização das paredes, também é necessária a instalação de uma viga superior em todo o perímetro (MINKE & MAHLKE, 2005).

2.3.4. Telhado

O design do telhado de uma construção com fardos de palha é semelhante ao de uma construção convencional, no entanto, pode ser mais trabalhoso. É possível construir claraboias, janelas de clerestório (janelas altas, rentes ao teto) e telhados com níveis diferentes (MORRISON, 2004a).

A viga perimetral construída na parte superior de todas as paredes, além das funções já descritas, como a estabilização dos fardos evitando a flambagem dos mesmos, é também a primeira etapa da construção dos telhados. Myhrman e MacDonald (1997) também alertam para o cuidado em fixar a estrutura de maneira apropriada, principalmente nas quinas, para evitar, em um momento futuro, possíveis invasões de animais.

Segundo Myhrman e MacDonald (1997) os tipos de vigas mais rígidas para uso na construção com fardos de palha são:

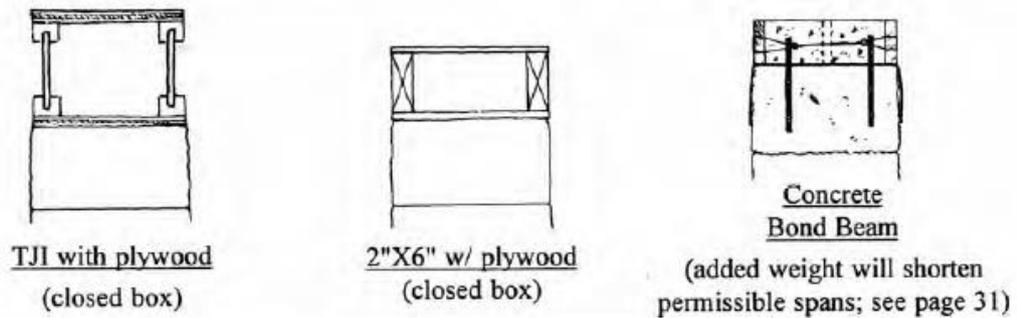


Figura 18 - Tipos de Vigas Mais Rígidas

Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

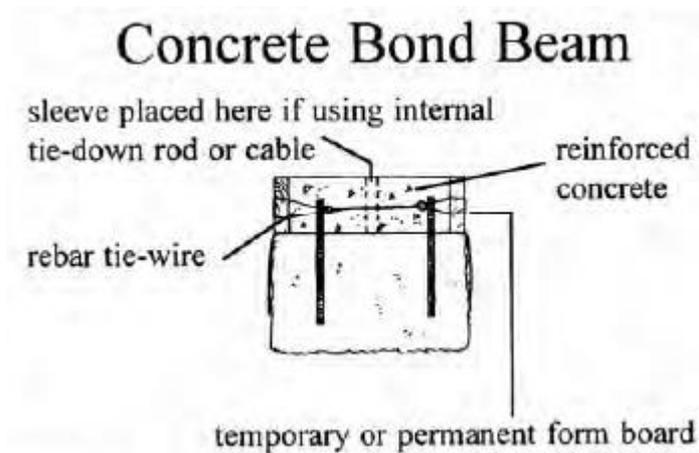


Figura 19 - Esquema da Fixação na Estrutura de Concreto

Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

Quanto aos elementos de união da viga à fundação, no caso do uso de sistemas de paredes portantes, Myhrman e MacDonald (1997) ressaltam a importância de sua instalação, principalmente devido ao assentamento diferencial da fundação que pode ocorrer. Após este processo, a instalação do telhado propriamente dito pode ser iniciada, incluindo isolamento e fechamento do teto.

Existem diversos designs de telhados e materiais variados para sua construção. A estrutura pode ser de madeira ou metal, enquanto para a cobertura existem mais opções como a telha metálica, telha cerâmica, telhados verdes e cobertura de palha. Myhrman e MacDonald (1997) destacam nas Figuras 20 e 21 os designs mais comuns de telhados e de treliças, respectivamente.

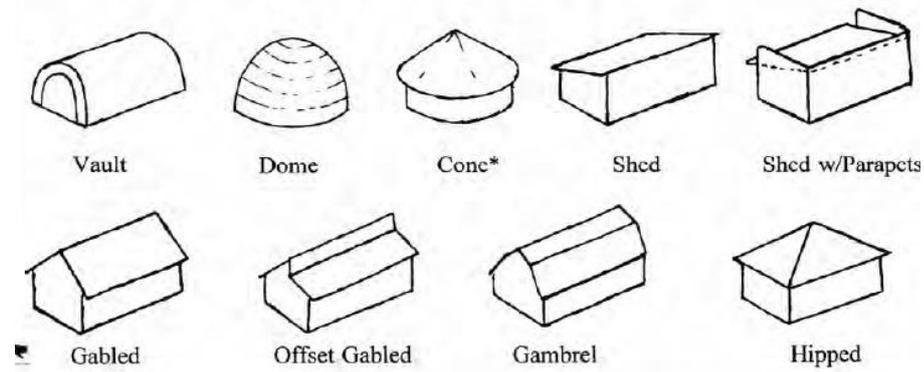


Figura 20 - Designs Mais Comuns de Telhados

Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

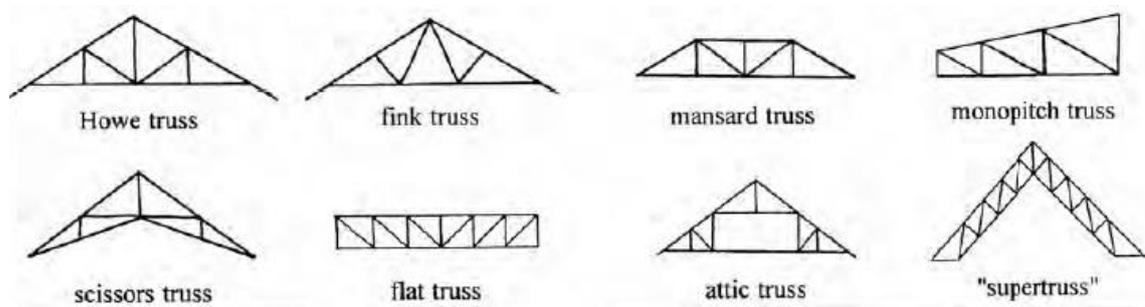


Figura 21 - Treliças Mais Comuns Para Telhados

Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

Apesar das inúmeras opções, Myhrman e MacDonald (1997) indicam uma opção de cobertura simples seguindo com o uso de fardos de palha.

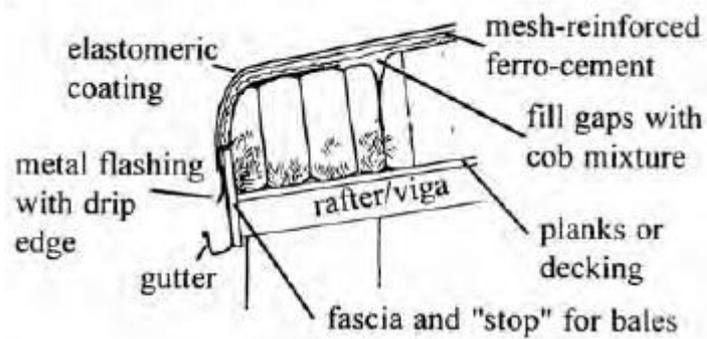


Figura 22 - Cobertura Com Fardos de Palha

Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

Para o fechamento do teto, Myhrman e MacDonald (1997) apresentam duas opções, o drywall e a madeira. Sendo ainda possível o uso dos fardos de palha apoiados sobre o teto, ampliando sua função de isolamento.

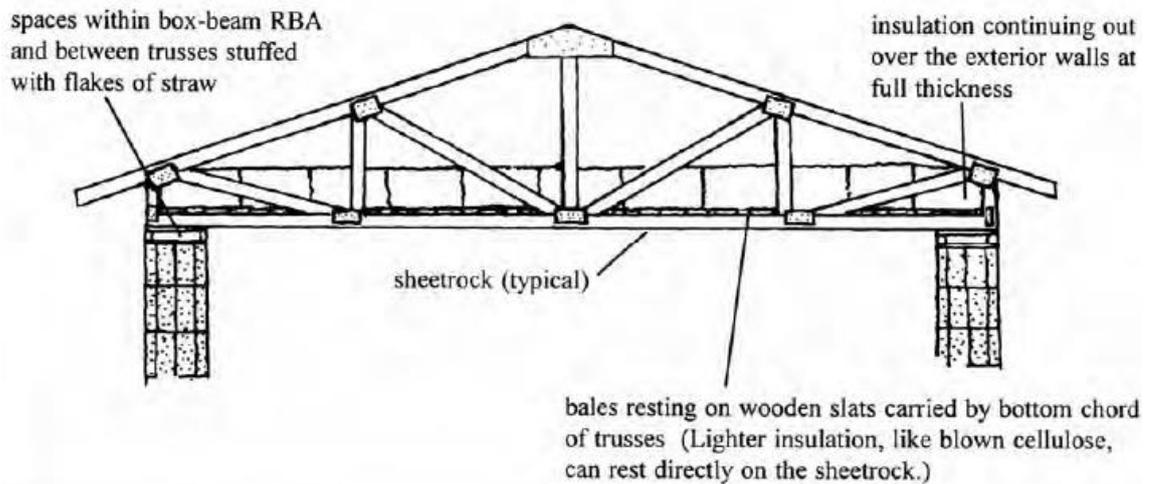


Figura 23 - Isolamento Com o Uso de Fardos de Palha Sobre o Teto
Fonte: Myhrman e MacDonald, 1997

2.3.5. Reboco

O reboco é o processo final das paredes, ele endurece e alisa os fardos, protegendo contra o fogo e evitando o desprendimento (MINKE & MAHLKE, 2005). Antes de iniciar a etapa do reboco nas paredes, é importante checar, tanto no interior quanto no exterior, se elas estão firmes, compactas e no prumo. É feita a instalação de uma malha metálica para aumentar a capacidade de tração do reboco, assim como os vergalhões fazem com o concreto. A malha é fixada à estrutura e deve ficar bem justa aos fardos (MORRISON, 2004b).

Entretanto, segundo Myhrman e MacDonald (1997), a malha metálica pode ser instalada apenas nas paredes dos cantos e aberturas de janelas e portas na parte interior. Porém, os autores recomendam colocar uma camada de material à prova d'água nas paredes externas antes de fixar a malha metálica, isolando completamente a estrutura, no caso de sistema de paredes não portantes, e os fardos do contato com a umidade. No caso do uso de estruturas de madeira, pode-se não rebocá-las, deixando-as aparentes (MORRISON, 2004b).

As opções de reboco são variadas, no entanto, as mais utilizadas são à base de cimento, de barro (ou terra), de gesso ou de cal (MINKLE & MAHLKE, 2005). O reboco à base de barro pode ser uma opção sem custo e é considerada de mais fácil aplicação, sendo de fácil reparo também. Contudo, é o reboco que possui menor durabilidade, sendo necessárias manutenções regulares (MORRISON, 2004c). Ele precisa conter um alto teor de argila, que é

o que traz adesão à mistura (MINKLE & MAHLKE, 2005). O reboco à base de cal é mais resistente que o de barro e também pode ser fácil de trabalhar. Entretanto, pode ser uma opção mais cara. Já o reboco à base de cimento é o mais resistente e mais comum de encontrar. Apesar disso, esta opção não permite que os fardos respirem, podendo causar umidade dentro das paredes e posterior apodrecimento dos fardos (MORRISON, 2004c).

Quadro 5 - Comparação das Características dos Tipos de Reboco

Característica	Reboco		
	A base de Cimento	A base de Cal	A base de barro
Disponibilidade da mistura pronta	4	4	0-4
Trabalhabilidade	3	2	4
Probabilidade de sucesso do uso em fardos de palha	3	3	4
Resistência à erosão da água	4	3	0
Rápido crescimento da resistência	3	0	2
Dureza	4	1	1
Quebrabilidade	1	4	3
Baixa manutenção	3	2	0

Legenda:	0 - melhor	1 - ótimo	2 - bom	3 - ruim	4 - pior
-----------------	-------------------	------------------	----------------	-----------------	-----------------

Fonte: Elaborado pela Autora, adaptado de Myhrman e MacDonald (1997)

Quanto aos processos de aplicação do reboco, tanto a aplicação à mão quanto à jato são eficientes (MORRISON, 2004c). A espessura final do reboco deve variar de no mínimo três e no máximo seis centímetros (MINKE & MAHLKE, 2005).

2.3.6. Instalações

Existem alguns processos que antecedem algumas das etapas citadas anteriormente, como as instalações elétrica e a hidrossanitária. Morrison (2004d) aconselha passar os encanamentos pelo chão e, quando necessário instalá-los verticalmente, embutidos em armários, como no caso das pias, sem que precisem ficar dentro das paredes. Quando essa alternativa não for possível, o mesmo autor recomenda passar todos os encanamentos em uma falsa coluna ou viga.

As instalações elétricas devem ser feitas logo após os fardos serem posicionados e antes da instalação da malha metálica nas paredes. As caixas elétricas devem ser bem fixadas, pois podem torcer e sair do prumo (MORRISON, 2004e).

2.4. Características Técnicas

2.4.1. Isolante Térmico

Os fardos de palha tem uma baixa capacidade de armazenar calor, o que permite que deixem o clima no interior das casas agradável e equilibrado. Uma medida para comparar os materiais é seu calor específico, que é a quantidade de calor necessária para que a substância sofra uma variação de temperatura correspondente a 1°C. O calor específico da palha é de $c=2,0$ kJ/kg.K (MINKE & MAHLKE, 2005), enquanto os blocos cerâmicos e de concreto possuem $c=0,92$ e $c=1,00$ kJ/kg.K, respectivamente (SANTOS *et al.*, 2015). Desta forma, é possível concluir que a palha é mais isolante térmica que os blocos por necessitar de mais calor para que varie sua temperatura.

Outro valor de comparação é o da condutividade térmica do material, que descreve o transporte de energia, na forma de calor, através de um corpo, como resultado de um gradiente de temperatura. Ela quantifica a habilidade dos materiais de conduzir energia térmica. Quanto mais alta a condutividade térmica, mais rápida e eficiente é feita a condução da energia. No entanto, a variação desse coeficiente pode ocorrer com a variação do nível de umidade do material (MINKE & MAHLKE, 2005). Segundo Santos *et al.* (2015), a condutividade térmica do bloco de concreto é de 1,75 W/m.K e do bloco cerâmico é de 1,05 W/m.K. Enquanto Minke e Mahlke (2005) afirmam que a condutividade térmica da palha com uma umidade de 20%, que é a máxima permitida para uso na construção, é de 0,045 W/m.K. Logo, observa-se que a palha transporta o calor de maneira mais lenta, o que a torna um isolante mais eficiente.

2.4.2. Isolante Acústico

Wall *et al.* (2012) realizaram um teste acústico em um painel de fardos de palha, de acordo com a norma ISO 140-3:1995. Os fardos não foram comprimidos no painel, o que afetaria seu desempenho acústico, no entanto, a densidade final ficou em torno de 110 kg/m³, semelhante à densidade de fardos comprimidos, que é de 120 kg/m³. Foram emitidos ruídos em diferentes frequências de um lado da parede e registrou-se do outro lado uma queda no nível de ruído de 48 dB.

Um segundo teste foi realizado em uma casa protótipo de fardos de palha. Foi emitido um ruído de 100 dB no exterior e registrou-se uma queda de ruído de 44 dB (WALL et al., 2012). Para comparação, segundo Grotta (2009), uma parede de alvenaria rebocada possui coeficiente de absorção sonora variando entre 0,025 e 0,03, dependendo da frequência. Isto significa que apenas entre 2,5 e 3,0% da energia sonora incidente na parede é absorvida pela mesma, o restante da energia é refletida ou transmitida para o outro lado. Ou seja, a queda de ruído gerada pela parede seria de no máximo 30dB.

2.4.3. Resistência ao Fogo

Estudos realizados na Alemanha e na Áustria mostraram que um fardo rebocado no interior e exterior possui um valor de resistência ao fogo F90, ou seja, ela resiste ao fogo por noventa minutos. Entretanto, outros estudos realizados nos Estados Unidos estabeleceram uma resistência ao fogo de cento e vinte minutos, ou seja, uma classificação F120 (MINKE & MAHLKE, 2005).

Além do mais, os materiais são classificados quanto à sua combustibilidade em diferentes categorias. O fardo de palha é considerado um material de classe B2, que é normalmente inflamável, quando possuem densidade aproximada de 120 kg/m³ (MINKE & MAHLKE, 2005).

“A alta resistência ao fogo do fardo de palha rebocado pode ser atribuída à alta resistência do reboco e à alta compressão dos fardos que não deixam oxigênio suficiente para a combustão da palha” (MINKE & MAHLKE, 2005). Fardos sem reboco e expostos possuem maior probabilidade de pegar fogo devido às fibras soltas da palha.

2.4.4. Resistência à Compressão

Zhang (2003) realizou testes de resistência à compressão em onze fardos de palha em diferentes posições, alguns rebocados com reboco à base de cimento, outros à base de terra e outros sem reboco. Suas conclusões foram que os fardos possuem uma excelente propriedade de resistência e que os fardos rebocados possuem um significativo aumento na força e na rigidez, independentemente do reboco utilizado.

Uma diferença observada no gráfico de tensão-deformação obtido pelos testes nos fardos de palha é que, após o limite de escoamento, os fardos ainda conseguem desenvolver um aumento significativo de resistência, diferentemente do aço (ZHANG, 2003). Faine e Zhang (2001) fizeram testes em laboratório em uma parede de fardos de palha e suas

conclusões foram que este material é excelente para construções residenciais sob o ponto de vista estrutural.

3. ESTUDO DO USO DO FARDO DE PALHA NA CONSTRUÇÃO EM MACAÉ/RJ

3.1. Estudo de Custo Benefício

A análise de custo benefício é uma técnica utilizada para determinar as melhores opções de um negócio, atividade ou projeto, em termos de tempo e custos, por exemplo. Nesta seção, será feita a análise custo benefício de dois projetos de cunho imobiliário, ambos consistem na vedação de paredes de uma casa, no entanto, com matérias-primas diferentes. Em um dos projetos serão utilizados blocos cerâmicos como material base para a execução e, no outro projeto serão utilizados fardos de palha. Para isso, será analisada a viabilidade dos recursos para realização do projeto, tais como mão de obra, materiais, energia, entre outros, em quantidade e qualidade suficientes. Também será realizada uma estimativa de custos para determinar se é viável ou não investir nos projetos.

Foi determinada a planta baixa da casa a ser utilizada nos projetos, que se encontra representada na Figura 23. É uma casa térrea com dois quartos, cozinha, banheiro e sala, e pé direito estrutural de 2,80 metros em toda a residência. Será considerada a execução do projeto em Macaé, Rio de Janeiro.

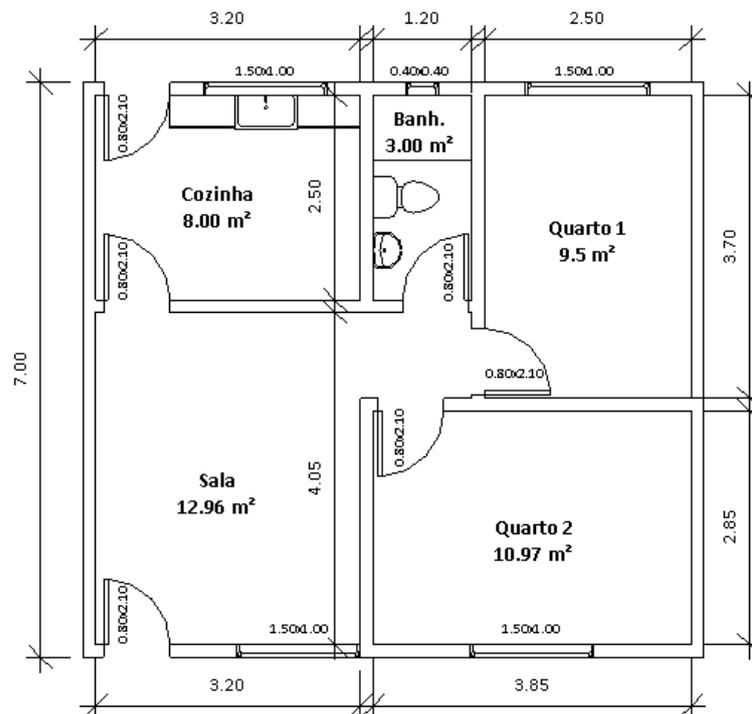


Figura 24 - Planta Baixa de Referência para os Projetos
Fonte: Elaborado pela Autora

A análise da viabilidade de um projeto de construção civil engloba a disponibilidade de recursos como o terreno, as instalações elétricas e hidrossanitárias, os materiais de construção e a mão de obra. No entanto, como neste projeto só foi considerada a vedação das paredes de uma residência, ou seja, não engloba toda a obra, apenas alguns recursos precisam ser considerados. Em especial, neste trabalho, serão analisados apenas os materiais e mão de obra.

Os materiais necessários para a execução do projeto com blocos cerâmicos são: tijolo, cimento, areia e água, e a mão de obra de um pedreiro, ambos os recursos disponíveis no local em questão. Para o caso da execução com o uso de fardos de palha, a viabilidade da matéria prima e da mão de obra para sua execução precisa ser analisada, pois são recursos que diferem dos utilizados na construção com a alvenaria convencional. Os materiais necessários são fardos de palha para a vedação, vergalhões para fixação dos mesmos e tela metálica para anteceder e dar aderência à aplicação do acabamento. Quanto à tela metálica e aos vergalhões, estes são materiais que também são encontrados facilmente no local estabelecido para a obra. Para o fornecimento dos fardos de palha foram encontrados dois fornecedores no estado de São Paulo. Em ambos os projetos, o acabamento externo e o interno escolhido é o convencional, à base de cimento, areia e água, por este motivo não serão estimados os custos dos acabamentos, apenas os dos materiais que diferem nos dois projetos.

3.2. Estimativa de Custos

“Estimar os custos é o processo de desenvolvimento de uma estimativa dos recursos monetários necessários. O principal benefício deste processo é a definição dos custos exigidos para concluir os trabalhos do projeto.” (PMI, 2012). As estimativas de custos são baseadas nas informações conhecidas sobre o projeto em questão, identificando as atividades e todas as alternativas. O objetivo é sempre otimizar os custos para o projeto, por este motivo são realizadas de modo mais preciso, para diminuir ao máximo as possíveis distorções entre o planejado e o real.

Todos os recursos do projeto devem possuir seus custos estimados, tais como: mão de obra, materiais, equipamentos, serviços, licenças e custos de contingência. No entanto, neste caso, serão considerados os custos com os materiais em ambos os projetos e o custos com mão de obra para o projeto de vedação das paredes com o uso de alvenaria convencional.

De acordo com o projeto estabelecido no item 3.1, para realização das composições de custos foi calculada a área total de paredes correspondente a 128,8 metros quadrados, sendo que não foram considerados os vãos das portas e janelas, e perímetro total de 46,0 metros.

a) Projeto com Blocos Cerâmicos

Para a estimativa de custo do projeto com o uso de blocos cerâmicos na vedação das paredes, tomam-se como referência os índices do catálogo de composições do SINAPI. Considerando que a espessura das paredes é de 15 centímetros, o bloco cerâmico utilizado foi o de 9x19x19 centímetros.

Quanto ao preço dos materiais, foram realizados três orçamentos em fornecedores locais e o valor utilizado para cálculo foi a média dos preços encontrados. Quanto ao preço da mão de obra, foi utilizado o valor de referência da tabela SINAPI de abril de 2019.

Tabela 2 - Levantamento de Custos para Vedação das Paredes com Alvenaria Convencional

Descrição		Unidade: m ²		Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m ² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual				
Insumo	Un.	Índice	Custo Fornecedor A	Custo Fornecedor B	Custo Fornecedor C	Custo Unitário Médio	Custo Total	
Bloco Cerâmico 9x19x19 cm	mil	0,0279	550,00	500,00	620,00	556,67	15,55	
Areia Média	m ³	0,0123	74,00	58,00	67,69	66,56	0,82	
Cal Hidratada	Kg	1,8516	0,69	0,75	0,76	0,73	1,36	
Cimento Portland CP II-32	Kg	1,7745	0,49	0,50	0,39	0,46	0,82	
Pedreiro	H	1,3700	24,27	-	-	24,27	33,25	
Servente	H	0,6850	19,32	-	-	19,32	13,23	
Total							51,80	

Fonte: Elaborado pela Autora

Pode-se então concluir que o custo estimado para a execução do projeto de vedação das paredes com o uso de alvenaria convencional é de R\$51,80/m². Para a execução dos 128,8 m² do projeto apresentado na Figura 23 é de R\$6.671,56.

b) Projeto com Fardos de Palha

Para execução do projeto com o uso de fardos de palha, será necessário estabelecer a quantidade dos materiais manualmente, pois os referenciais de composição de custos, como o

SINAPI, não possui essa composição em suas tabelas, apenas serviços e materiais mais convencionais. Além dos fardos, é necessário estabelecer a quantidade de vergalhões para fixação dos fardos e tela metálica para aplicação do reboco.

Considera-se, então, que a cada metro será utilizado um vergalhão de aço CA-50, de 2,80 metros comprimento e bitola 10 milímetros. Logo, será necessária uma quantidade total de 40 vergalhões. Quanto à tela metálica, ela deve cobrir toda a área das paredes, tanto interna quanto externa, para promover aderência entre o fardo e a argamassa. Por este motivo, será necessário que a tela cubra uma área de 257,6 metros quadrados, o dobro da área de paredes.

Para determinar os índices dos materiais, é necessário calcular a quantidade necessária de cada um por metro quadrado de parede, sendo assim, basta dividi-los pela área total de parede. Quanto aos vergalhões, o índice é 0,3494 e quanto à tela metálica, o índice é 2,0.

Tabela 3 - Levantamento de Custos para Vedação das Paredes com Fardos de Palha

Descrição		Unidade: m ²		Vedação de paredes com fardos de palha na horizontal sem vãos, com vergalhões para fixação e tela metálica para aderência do revestimento			
Insumo	Un.	Índice	Custo Fornecedor A	Custo Fornecedor B	Custo Fornecedor C	Custo Unitário Médio	Custo Total
Vergalhão 3/8"	M	0,3106	3,42	4,00	3,70	3,71	1,15
Tela Metálica	m ²	2,0000	10,00	4,59	4,00	6,20	12,39
Total							13,54

Fonte: Elaborado pela Autora

Quanto aos fardos de palha, foram encontrados dois fornecedores no estado de São Paulo para os mesmos. Sabe-se que os fardos possuem dimensões distintas, e, por este motivo, os custos de cada fornecedor serão estimados separadamente, pois possuirão índices diferentes. Com cada dimensão é possível estabelecer a quantidade de fardos totais necessários para vedação de todas as paredes. É necessário também considerar o frete e este valor estará incluído no custo unitário de cada fardo.

Para o primeiro fornecedor (Fornecedor D), a palha fornecida é a de arroz com dimensões do fardo de 48x50x75 centímetros. Então, serão necessários 344 fardos totais e o índice será 2,6708.

Tabela 4 - Levantamento dos Custos para Fornecimento dos Fardos de Palha pelo Fornecedor D

Descrição	Unidade: m ²	Vedação de paredes com fardos de palha na horizontal sem vãos, com vergalhões para fixação e tela metálica para aderência do revestimento		
Insumo	Un.	Índice	Custo Fornecedor D	Custo Total
Fardo de Palha de Arroz 48x50x75 cm	unid	2,6708	17,27	46,12
Total				46,12

Fonte: Elaborado pela Autora

A palha oferecida pelo segundo fornecedor (Fornecedor E) é de pinho, ou também conhecido como maravalha, com dimensões do fardo 38x38x76 centímetros. Então, como esses fardos são menores serão necessários mais fardos, 446 no total e o índice será 3,427.

Tabela 5 - Levantamento dos Custos para Fornecimento dos Fardos de Palha pelo Fornecedor E

Descrição	Unidade: m ²	Vedação de paredes com fardos de palha na horizontal sem vãos, com vergalhões para fixação e tela metálica para aderência do revestimento		
Insumo	Un.	Índice	Custo Fornecedor E	Custo Total
Fardo de Palha de Pinho 38x38x76 cm	unid	3,4627	28,00	96,96
Total				96,96

Fonte: Elaborado pela Autora

Tem-se então um custo com fardos de R\$46,12/m² com o fornecedor D e R\$96,96/m² com o fornecedor E. Devido à discrepância entre os valores, será considerado apenas o de menor valor, no caso o fornecedor D. Outro ponto relevante é não ter considerado a mão de obra como no projeto com blocos cerâmicos, no entanto, a construção com fardos de palha pode ser feita em regime de mutirão, sem custo.

Logo, pode-se então concluir que o custo estimado para a execução do projeto de vedação das paredes com o uso de fardos de palhada é de R\$59,67/m². Para a execução dos 128,8 m² do projeto apresentado na Figura 23 é de R\$7.685,14. É importante reforçar que os fornecedores encontrados são do estado de São Paulo e, por este motivo, o preço do frete fica elevado, gerando um aumento de mais de 70% no custo unitário dos fardos.

4. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO REALIZADO COM PROPRIETÁRIOS DE CONSTRUÇÕES DE FARDOS DE PALHA

4.1. Pesquisa Survey

A pesquisa survey é um instrumento que se destaca na geração de dados de maneira rápida e objetiva. Neste trabalho, a população representativa do survey foi constituída por proprietários de casas construídas com fardos de palha ao redor do mundo. Eles responderam a questionários online enviados por e-mail, dos quais os dados foram extraídos.

A Tabela 6 apresenta a faixa etária da população amostral e o total de anos de existência das suas construções. Com esses dados é possível conhecer a faixa etária mais interessada neste método construtivo alternativo.

Tabela 6 - Levantamento dos Dados dos Proprietários e Construções de Palha

Faixa Etária	Frequência	Porcentagem
18-29 anos	0	0%
30-39 anos	1	1,7%
40-49 anos	13	20,0%
50+ anos	61	78,3%
Anos de Existência da Construção	Frequência	Porcentagem
Até 5 anos	2	2,7%
5-10 anos	13	17,3%
10-20 anos	46	61,3%
20+ anos	14	18,7%

Fonte: Elaborado pela Autora

Nota-se que a maioria dos proprietários que responderam à pesquisa, 78,3% do total, possuem 50 anos ou mais e 63,3% das construções possuem entre 10 e 20 anos de existência. Pode-se concluir então que 83,3% das construções são deste século, ou seja, são construções relativamente novas e que foram construídas, em sua maioria, enquanto os proprietários se encontravam na faixa etária de 30 a 49 anos.

Para descobrir os meios de comunicação, através dos quais descobriram a existência de construção com fardos de palha, as respostas discursivas foram separadas em grupos de relevância conforme representado na Figura 25.

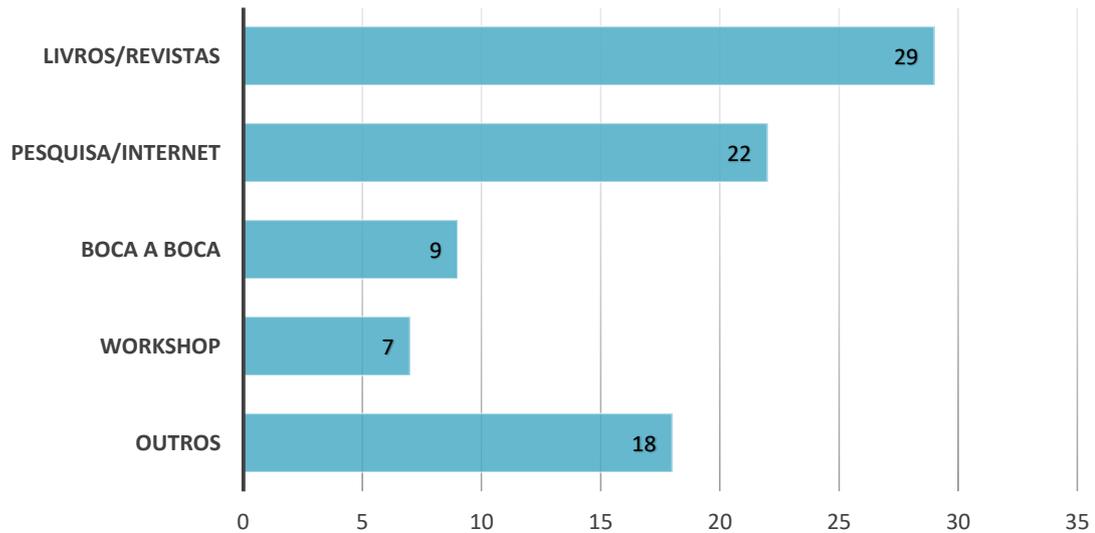


Figura 25 - Meio de Comunicação Utilizado para Conhecimento das Construções com Fardos de Palha
Fonte: Elaborado pela Autora

É possível notar que os livros e as revistas foram os meios de comunicação mais efetivos, correspondendo a 49,3% do total. Não foram diferenciados os livros e revistas físicos dos digitais. No grupo “outros”, que representa 30,0%, foram citados meios como o ambiente de trabalho, alguns já trabalhavam com construção, viram alguma reportagem ou citação através da televisão ou até já visitaram alguma construção do tipo. O meio menos efetivo foi através de workshops, sejam eles de fardos de palha especificamente ou de construções sustentáveis.

Além de conhecer o meio de comunicação, é importante compreender o motivo pelo qual decidiram aplicar esse tipo de construção em suas próprias casas. As respostas a essa questão também foram separadas em grupos.

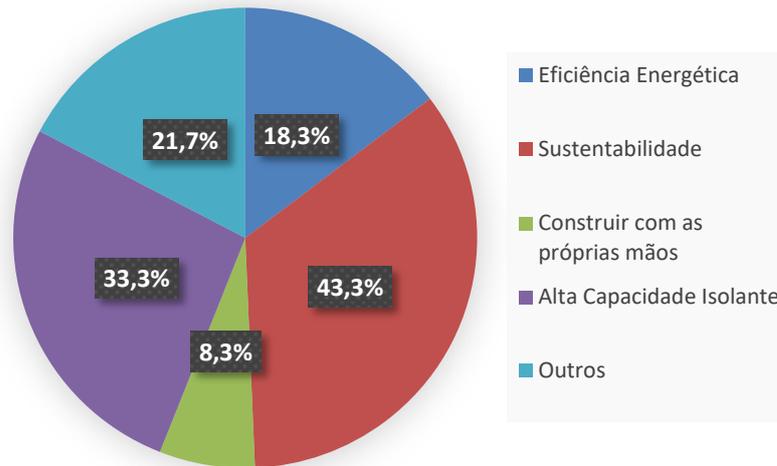


Figura 26 - Principal Motivo da Construção com Fardos de Palha
Fonte: Elaborado pela Autora

Quase metade das justificativas, 43,3% do total, deve-se à sustentabilidade atribuída a este tipo de construção. O segundo maior motivo, 33,3%, destaca uma qualidade trabalho que este tipo de construção possui, já citada neste, que é a alta capacidade de isolamentos térmico e acústico comparado a outros materiais mais convencionais. Seguido em terceiro lugar pela eficiência energética gerada por esse tipo de construção.

Na questão cinco, foi abordado sobre o tipo de mão de obra pela qual os proprietários optaram na hora de realizarem suas construções. Foram dadas três alternativas: através de um construtor; pelos próprios proprietários com ajuda de voluntários; ou pelos mesmos sem ajuda de voluntários. Do total, 45,3% das construções foram executadas pelo proprietário com ajuda de voluntários, 36,0% feitas pelo proprietário sem ajuda externa e 18,7% contrataram um construtor. Dos que contrataram mão de obra externa, 42,9%, ou seja, apenas seis dos construtores eram especializados em construção com fardos de palha. Isto pode ser devido à escassez em construtores especializados na área ou pela não necessidade de especialização devido a facilidade deste tipo de construção.

Das construções que foram executadas pelo próprio proprietário, com ou sem a ajuda de voluntários, procurou-se compreender o quanto eles buscaram aprender e se especializar sobre o assunto antes da prática. As questões 5.1 a 5.4 abordavam esse assunto, e são elas:

- 5.1. Você teve alguma experiência anterior com construção?
- 5.2. Você participou de algum workshop sobre construção com fardos de palha?
- 5.3. Você utilizou algum livro ou apostila para apoio durante a construção?
- 5.4. Algum dos serviços executados foi terceirizado?

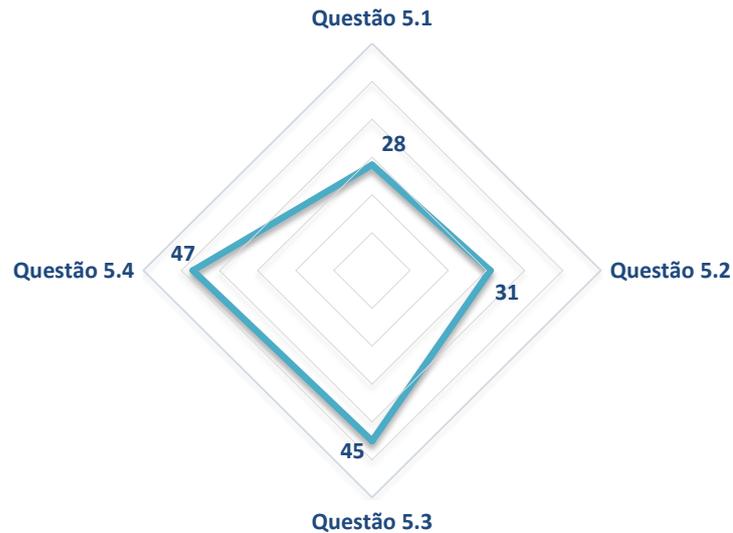


Figura 27 - Interesse no Aprendizado Antes da Construção com Fardos de Palha
Fonte: Elaborado pela Autora

Dessa forma, é possível concluir que quanto maior a área do gráfico, mais interessada foi a mão de obra em aprender sobre a construção antes de aplicá-la. Neste caso, 57,1% procuraram por referências bibliográficas, através de pesquisas em livros e apostilas do tema, e 63,3% esforçaram-se através de conhecimento prático em workshops. Além disso, 91,8% procuraram mão de obra especializada para os serviços específicos, como serviços de instalações elétricas, instalações hidráulicas, fundações, entre outros. Os principais serviços terceirizados foram representados na Figura 28.

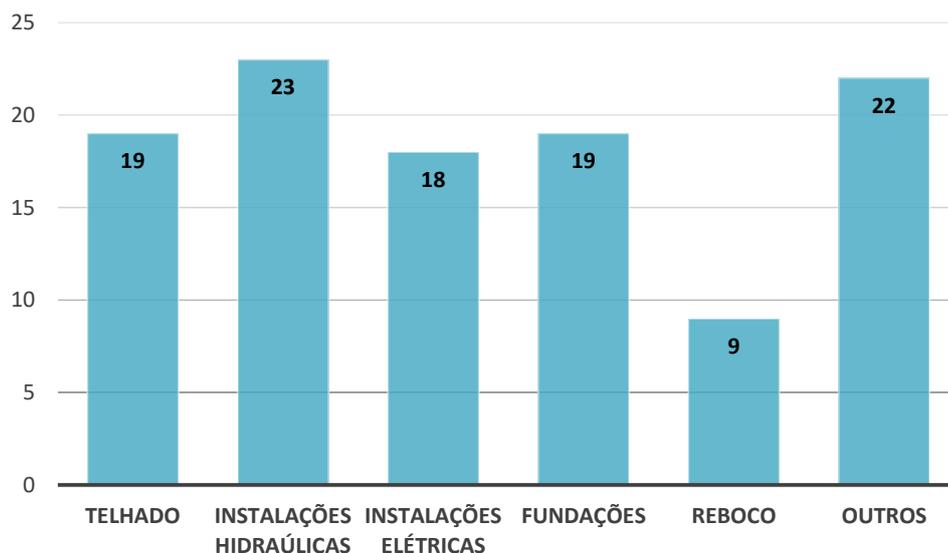


Figura 28 - Principais Serviços Terceirizados
Fonte: Elaborado pela Autora

O grupo chamado “outros” engloba serviços tais como isolamento do piso e telhado, instalação de drywall, estruturas e serviços de carpintaria. Nota-se que o serviço de instalações hidráulicas foi o mais procurado, sendo terceirizado por 23 proprietários do total de 47 que buscaram mão de obra externa, ou seja, 48,9%. Seguido de serviços no telhado e fundações, com 40,4% cada.

Foi questionada na questão 6 a dificuldade ou facilidade em encontrar fornecedores para os fardos de palha. Apesar de ser um material em abundância em alguns locais, não significa necessariamente que seja facilmente encontrado para compra. No total, 86,5% afirmaram não terem tido dificuldades em encontrar um ou mais fornecedores, enquanto 13,5% afirmaram ter encontrado complicações.

Durante o período de construção, também é possível se deparar com algumas adversidades, como foi o caso de 34,7% dos proprietários. Dentre esses problemas, 34,6% são relacionados ao clima, como chuva, umidade e ventos fortes. É um grande problema se os fardos estiverem úmidos, pois podem apodrecer. Devem ser cuidadosamente protegidos de chuvas e serem armazenados sem contato com a umidade do solo. Eles precisam estar secos, com nível abaixo de 20% de umidade, como dito no item 2.3. Ademais, 15,4% tiveram problemas relacionados ao acabamento, alguns devido ao material escolhido, outros devido à dificuldade de aplicação. Os outros problemas levantados não são devidos ao uso do fardo de palha especificamente, mas complicações gerais como é possível ocorrer em qualquer tipo de obra. Eles se resumem a contratação de mão de obra inexperiente, custos mal geridos, problemas com o design do telhado e dificuldade nas conexões.

Apesar de citados problemas com os custos, essa questão foi levantada no questionário nas questões oito e nove, e 97,3% afirmaram estar financeiramente satisfeitos com o investimento feito na construção com fardos de palha. Independentemente da satisfação, apenas 34,7% afirmam que este tipo de construção é mais barata que a convencional enquanto 54,7% não concordam com essa afirmação. O restante dos entrevistados não soube responder, sendo um possível motivo a falta de experiência prévia com qualquer tipo de construção.

Sabe-se que complicações não ocorrem apenas durante a construção, mas também após sua finalização. As edificações com fardos de palha não fogem a essa regra e 20,3% encontraram problemas após o término de suas construções. Dentre eles podemos citar as rachaduras no concreto e no reboco, infiltrações nas paredes e vazamentos no telhado. Sabe-se que 86,7% dos proprietários conheciam a causa dos problemas que surgiram, sendo principalmente devidas as chuvas, erros nas aplicações, impermeabilizações imperfeitas e até terremotos.

Ao longo dos anos, algumas partes das edificações necessitam de manutenção. Na questão doze, foram fornecidas algumas alternativas com as principais partes que poderiam ter sido mantidas, considerando que ao passar dos anos as manutenções são diferentes. Por este motivo, foi estabelecida, na Figura 29, uma relação das principais partes que sofreram manutenções e os anos de existência das propriedades.

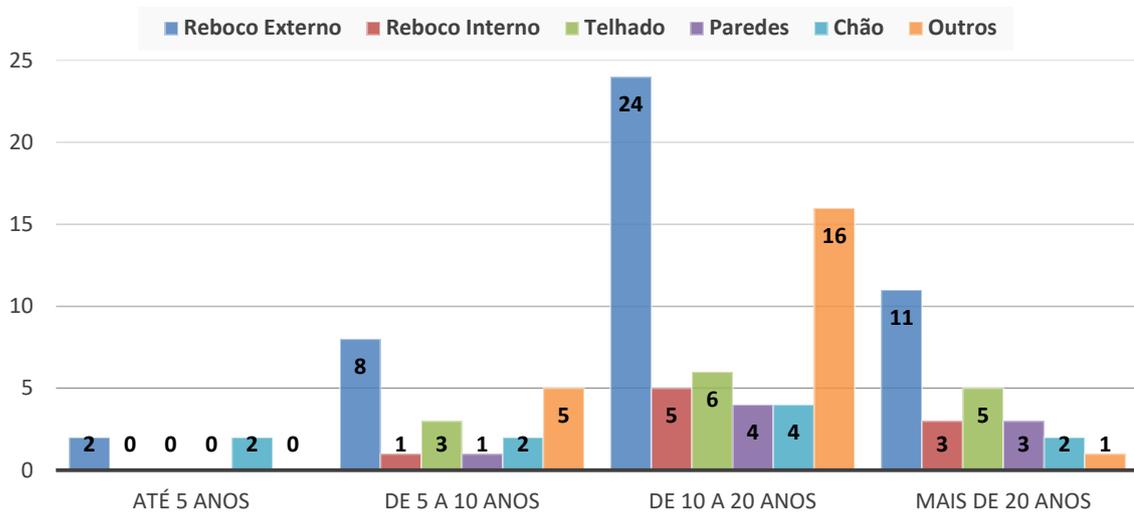


Figura 29 - Principais Partes da Construção que geraram manutenção ao Longo dos Anos

Fonte: Elaborado pela Autora

Pode-se concluir que independente dos anos desde a conclusão das construções, o reboco externo é a parte da casa que necessita de mais manutenção ao longo dos anos. Em segundo lugar, o telhado, com exceção de casas com até cinco anos, pois das duas que fizeram parte do survey, ambas tiveram problemas apenas com o reboco externo e o piso, por isso a discrepância nos resultados. Independentemente das manutenções necessária, 85,1% dos proprietários consideram as despesas baixas. Apenas 2,7% afirmaram considerá-las com custo elevado.

Duas das grandes vantagens da construção com fardos de palha, já levantadas em questões anteriores, são sua capacidade isolante térmica e acústica. Quanto ao isolamento térmico, 98,7% dos entrevistados afirmam ser completamente perceptível enquanto vivem na casa. E, quanto ao isolamento acústico, 92,0% consideram ser perceptível ao longo do tempo.

Apesar de ter sido possível perceber algumas vantagens e desvantagens ao decorrer das respostas anteriores, certas características se destacam em relação a outras. Na questão dezesseis, os proprietários foram questionados quanto a maior vantagem desse tipo de construção e na questão dezessete quanto a maior desvantagem. Algumas características se repetiram ao longo das respostas como representado nas Figuras 30 e 31.

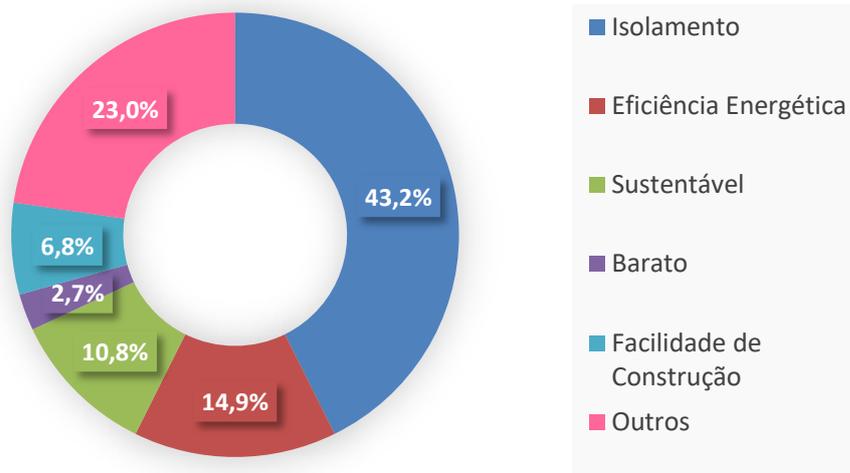


Figura 30 - Principais Vantagens da Construção com Fardos de Palha
Fonte: Elaborado pela Autora

Dentre as respostas que englobam a opção “outros” no gráfico, foram citadas questões como a beleza natural, o conforto e a durabilidade desse tipo de construção.

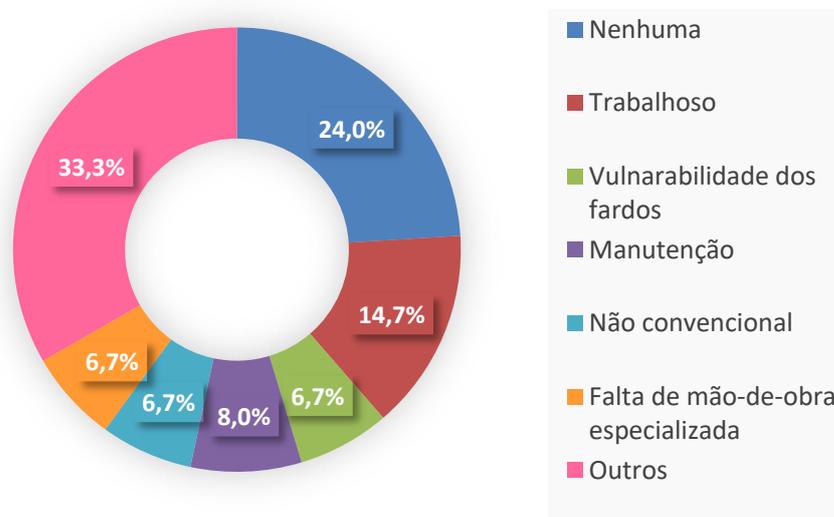


Figura 31 - Principais Desvantagens da Construção com Fardos de Palha
Fonte: Elaborado pela Autora

Foram citadas também questões como dificuldade em retirar documentação da propriedade, dificuldade de venda, grossura das paredes, dificuldade de modificar o layout depois de construído e dificuldade em encontrar fardos adequados. Devido às vantagens e desvantagens encontradas com o passar dos anos, 64,0% dos proprietários afirmaram que mudariam algo se pudessem voltar ao início de suas construções. Quando questionados sobre

as modificações que fariam, as respostas foram diversas. Três proprietários afirmaram que ampliariam as dimensões de suas casas. Outros alterariam os materiais utilizados, como no reboco, chão ou telhado, ou apenas consertariam erros que ocorreram ao longo da obra.

Porém, apesar de todos os problemas e desvantagens citados com esse tipo de construção ao longo do survey, 100% dos proprietários afirmaram estar satisfeitos com sua construção. Pode-se concluir com a satisfação unânime por parte da população amostral que a construção com fardos de palha é uma ótima alternativa à convencional. Além do mais, 96,0% construiriam novamente ou recomendariam esse tipo de construção a outras pessoas.

5. CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foi possível perceber que as técnicas utilizadas na construção com o uso de fardos de palha não precisam de mão-de-obra especializada, são consideradas simples e de fácil execução. Essas técnicas podem ser aplicadas na autoconstrução ou em regime de mutirão, o que também possibilita a economia do gasto com a mão-de-obra. No entanto, é importante a busca pela compreensão e domínio do método antes de colocá-lo em prática, com apoio de bibliografias e workshops específicos. E, o presente estudo contribui para o entendimento inicial do tema em questão.

Quanto ao estudo de custo benefício realizado, algumas limitações podem ser observadas, como quanto aos valores utilizados. Além do orçamento dos materiais ter sido realizado localmente, o frete dos fardos de palha foi calculado para entrega em Macaé, Rio de Janeiro. Ambos os valores podem variar dependendo da região de execução do projeto e da disponibilidade dos recursos localmente, podendo contribuir para redução ou não dos custos.

Com o questionário aplicado no survey, é possível compreender a visão de um proprietário de uma construção com fardos de palha. Mais de 97% dos proprietários possuem suas casas há mais de 5 anos e com maior tempo de vivência é possível perceber melhor as vantagens e desvantagens, sabendo que ao longo dos anos podem aparecer problemas e manutenções, como na construção convencional. No entanto, apesar de todos os pontos negativos levantados ao longo da pesquisa, 100% dos proprietários dizem estar satisfeitos com suas casas e 96% recomendariam ou construiriam novamente. Por isso, pode-se extrapolar os resultados obtidos, reconhecendo este tipo de construção como uma ótima opção, independentemente do país em que se encontra.

O tema abordado neste trabalho não possui bibliografia abundante para consulta no Brasil, pelo contrário, as informações encontradas foram escassas, o que gerou grande limitação para o desenvolvimento deste trabalho. Por este motivo, a pesquisa bibliográfica realizada tem como principal fonte de pesquisa trabalhos e sites internacionais, de países onde a construção com fardos de palha já é uma realidade há anos, possuindo grupos, associações de construtores e até conferências específicas. No Brasil, a disponibilidade da matéria prima para este tipo de construção é abundante, por isto este trabalho abordou este tema, como uma nova opção à construção além da convencional e das já existentes. No entanto, é importante considerar suas limitações, como a quantidade de pavimentos permitidos e as características climáticas da região.

Apesar da forte cultura quanto ao uso de blocos cerâmicos nas construções neste país, é de suma importância o incentivo ao uso de outras técnicas e recursos, principalmente se forem uma opção mais sustentável. No entanto, para ganhar mais reconhecimento, é necessário que mais estudos sejam elaborados. Por este motivo, sugere-se que sejam realizados trabalhos futuros visando a continuidade do estudo do tema abordado neste trabalho, tais como:

- Ensaio de resistência mecânica do bloco de fardo de palha individual em diferentes posições;
- Ensaio de resistência mecânica da parede de fardos de palha;
- Ensaio quanto às características de isolamento acústico e térmico do fardo de palha;
- Estudo das melhores e piores opções de matéria prima para reboco dependendo do clima da região;
- Execução de um protótipo de uma casa com fardos de palha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf>. Acesso em: 17, janeiro, 2019.

ABREU, D. de; MORAES, L. A. de; NASCIMENTO, E. N.; OLIVEIRA, R. A. de. **A produção da cana-de-açúcar no Brasil e a saúde do trabalhador rural**. Revista Brasileira de Medicina do Trabalho, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/72967>>. Acesso em: 05, janeiro, 2019.

ALLEN, E.; VALDES, C. **Brazil's Corn Industry and the Effect on the Seasonal Pattern of U.S. Corn Exports**. AES-93. Economic Research Service/USDA. Estados Unidos. 2016. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/35806/59643_aes93.pdf?v=42536%0Ahttps://>. Acesso em: 15, março, 2019.

ARRAUDEAU, M. A.; VERGARA, B. S. **A Farmer's Primer on Growing Upland Rice**. Los Baños, Filipinas: International Rice Research Institute, 1988. Disponível em: <http://books.irri.org/9711041707_content.pdf>. Acesso em: 03, janeiro, 2019.

AZAMBUJA, I. H. V.; MAGALHÃES JR, A. M.; VERNETTI JR, F. de J. **Situação da cultura do arroz no mundo e no Brasil**. 2000. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repdcp_m505/CAPC/serie_culturas_arroz.pdf>. Acesso em: 21, janeiro, 2019.

BAKKER, R.; ELBERSEN, W.; POPPENS, R.; LESSCHEN, J. P. **Rice Straw and Wheat Straw – Potential Feedstocks for the Biobased Economy**. Holanda. 2013. Disponível em: <<https://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Straw%20report%20AgNL%20June%202013.pdf>>. Acesso em: 10, fevereiro, 2019.

BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R.; CORBELLA, O. D. **A Conceptual Review of the Terms Sustainable Development and Sustainability**. International Journal of Social Sciences, v. III, n. 2, 2014. Disponível em: <<http://www.iises.net/?p=10247>>. Acesso em: 13, março, 2019.

BOLIS, I.; MORIOKA, S. N.; SZNELWAR, L. I. **When sustainable development risks losing its meaning. Delimiting the concept with a comprehensive literature review and a conceptual model**. Journal of Cleaner Production, v. 83, p. 7-20, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.041>>. Acesso em: 28, março, 2019.

BROWN, L. **Building a Sustainable Society**. Washington, DC: Worldwatch Institute, 1981.

CAMPBELL, C. S. **Poaceae - Plant Family**. Encyclopedia Britannica, Inc., [S. l.], 26 jul. 1999. Disponível em: <<https://www.britannica.com/plant/Poaceae>>. Acesso em: 3, abril, 2019.

CHRISTIANSEN, S. B.; SANDOR, P. **Bioethics: limits to the interference with life**. An. Reprod. Sci., v. 60-61, p. 15-29, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00077-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00077-4)>. Acesso em: 20, março, 2019.

CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction. **Agenda 21 on Sustainable Construction**. CIB Report Publication 237: Holanda, 1999. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB4675.pdf>>. Acesso em: 13, fevereiro, 2019.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil 2017**. Brasília/DF, 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/21099_79625cc8ceb43fb85f49cea4961b0ea6>. Acesso em: 04, abril, 2019.

COSTA, B. B. **Análise da Lei Nº 8.666/1993, de licitações e contratos administrativos à luz dos princípios da sustentabilidade visando seu emprego na contratação de obras públicas**. 2018. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ.

COSTA, F. S.; NOGUEIRA, B. **Análise Mensal: Cana-de-açúcar**. CONAB, Brasília/DF, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuaria-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-cana-de-acucar/item/download/15304_75e19d1e6fdeaa10d0d05724ab018632>. Acesso em: 23, janeiro, 2019.

CNCP – Centre National de la Construction Paille. **La Maison Feuillette**. França, [201-?]. Disponível em: <<http://cncp-feuillette.fr/maison-feuillette/>>. Acesso em: 05, janeiro, 2019.

CUNHA, G. de C. **A importância do setor da construção civil para o desenvolvimento da economia brasileira e as alternativas complementares para o funding do crédito imobiliário no Brasil**. 2012. Monografia (Bacharelado em Economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/1799/1/GCCunha.pdf>>. Acesso em: 11, janeiro, 2019.

DARÓS, R. **Cultura do Milho – Manual de Recomendações Técnicas**. Dourados, MS, Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.agraer.ms.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/Manual_de_recomenda%C3%A7%C3%B5es_t%C3%A9cnicas_cultura_do_milho.pdf>. Acesso em: 6, fevereiro, 2019.

DE BES, F. T.; KOTLER, P. **A bíblia da inovação – Princípios fundamentais para levar a cultura da inovação contínua às organizações**. São Paulo: Lua de Papel, 2011.

ESBA - European Straw Building Association. **Members**. Disponível em: <<http://www.strawbuilding.eu/about-esba/members/>>. Acesso em: 14, janeiro, 2019.

FABER, N.; JORNA, R.; ENGELEN, J. VAN. **The Sustainability of “Sustainability”**. A study into the conceptual foundations of the notion of “sustainability”. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, v. 7, n. 1, p. 1-33, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1142/S1464333205001955>>. Acesso em: 04, abril, 2019.

FAINE, M.; ZHANG, J. **A Pilot Study examining the Strength, Compressibility and Serviceability of Rendered Straw Bale Walls for Two Storey Load Bearing Construction**. University of Western Sydney, Australia, 2001. Disponível em: <http://www.naturalbuildingcoalition.ca/Resources/Documents/Technical/two_storey_lb.pdf>. Acesso em: 02, maio, 2019.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. **Sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados**. *Cad. EBAPE.BR*, v. 15, n.3, p. 667-681, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1679-395157473>>. Acesso em: 07, março, 2019.

FERREIRA, A. B. de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Brasil: Ed. Positivo, 2009.

FILHO, A. G. N.; ANDRADE, B. D. S. **Planejamento e controle em obras verticais**. TCC (Engenharia Civil) -UNAMA/CCET. Belém/PA, 2010.

GALLINO, L. **L'impresa irresponsabile**. Torino: Einaudi, 2005.

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; FILHO, M. P. B. **Como a planta de arroz se desenvolve**. *Arquivo do Agrônomo – N°13*, EMBRAPA, 2002. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100485/1/Encarte.pdf>>. Acesso em: 11, março, 2019.

GROTTA, D. de L. **Materiais e Técnicas Contemporâneas para Controle de Ruído Aéreo em Edifícios de Escritórios: Subsídios para Especificações**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Carlos/SP. Disponível em: <10.11606/D.18.2009.tde-26052009-112244>. Acesso em: 24, janeiro, 2019.

HARVEST Homes. **Straw Bale Buildings Primer**. Canadá, 2014. Disponível em: <<https://evolvebuilders.ca/harvest/files/2014/06/straw-bale-primer.pdf>>. Acesso em: 07, janeiro, 2019.

HOVE, H. **Critiquing Sustainable Development: A Meaningful Way of Mediating the Development Impasse?** *Undercurrent*, v. 1, n. 1, p. 48-54, 2004. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/d3c4/8aa3a38490aa20844791e901af20c6185896.pdf>>. Acesso em: 25, abril, 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção – PAIC**. V. 27, Rio de Janeiro/RJ, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2017_v27_notas_tecnicas.pdf>. Acesso em: 09, fevereiro, 2019.

_____. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Tabela 2, Junho 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=24996&t=resultados>>. Acesso em: 12, junho, 2019.

JAGIELAK, Maciej. **History of ESBA** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: analuizacrb@hotmail.com em 14, janeiro, 2019.

JOUBERT, Barbara. **Evaluation of sustainable materials for rainscreen claddings on straw bales houses**. Projeto de Pesquisa – Victoria University of Wellington, Nova Zelândia, 2001. Disponível em: <https://www.victoria.ac.nz/architecture/centres/cbpr/publications/construction-studies/pdfs/BBSC442_2001_Barbara-Joubert_Evaluation-Sustainable-Materials-Rain-Screens-Straw-Bale-Houses.pdf>. Acesso em: 9, janeiro, 2019.

LOTURCO, B. **Projetos que buscam certificação de sustentabilidade devem pautar escolha de materiais por critérios técnicos e fugir de propaganda enganosa**. Revista Techne, 215 ed., Fev. 2015, PINI, São Paulo. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/215/projetos-que-buscam-certificacao-de-sustentabilidade-devem-pautar-escolha-de-338511-1.aspx>>. Acesso em: 07, fevereiro, 2019.

MARTINS, M. G. **A inovação tecnológica na produção de edifícios impulsionada pela indústria de materiais e componentes**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo/SP. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/D.3.2004.tde-26052004-092606>>. Acesso em: 03, abril, 2019.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Dissertação Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1994. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.3.2019.tde-09052019-085538>>. Acesso em: 03, abril, 2019.

MINKE, G.; MAHLKE, F.. **Manual de construcción con fardos de paja – Fundamentos – Construcciones - Ejemplos**. Montevideo: Editorial Fin de Siglo, 2005.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **O que o brasileiro pensa do meio ambiente e do consumo sustentável – Pesquisa Nacional de Opinião – Principais Resultados**. Rio de Janeiro: Overview. 2012. Disponível em: <<http://mma.gov.br/publicacoes/responsabilidade-socioambiental/category/90-producao-e-consumo-sustentaveis?download=989:o-que-o-brasileiro-pensa-do-meio-ambiente-e-do-consumo-sustentavel>>. Acesso em: 11, fevereiro, 2019.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: Meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, Florianópolis/SC, 2001.

MORRISON, A. **Framing Considerations**. 2004a. Disponível em: <<https://www.strawbale.com/day-4/>>. Acesso em: 21, janeiro, 2019.

MORRISON, A. **Preparing your Walls for Plaster**. 2004b. Disponível em: <<https://www.strawbale.com/day-7/>>. Acesso em: 21, janeiro, 2019.

MORRISON, A. **Plastering**. 2004c. Disponível em: <<https://www.strawbale.com/day-16/>>. Acesso em: 21, janeiro, 2019.

MORRISON, A. **Plumbing Details**. 2004d. Disponível em: <<https://www.strawbale.com/day-14/>>. Acesso em: 21, janeiro, 2019.

MORRISON, A. **Electrical Details**. 2004e. Disponível em: <<https://www.strawbale.com/day-15/>>. Acesso em: 21, janeiro, 2019.

MYHRMAN, M.; MACDONALD, S. O.. **Build it with Bales: A Step-by-Step Guide to Straw-Bale Construction**. V. 2. USA: Out on Bale, 1997.

NASCIMENTO, L. F. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2012. Disponível em: <http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15365410042013Gestao_Ambienta_l_Sustentabilidade_Aula_1.pdf>. Acesso em: 11, março, 2019.

NRHP - National Register of Historic Places. **Pilgrim Holiness Church**. Estados Unidos, 1979. Disponível em: <<https://npgallery.nps.gov/NRHP/AssetDetail?assetID=27674d28-2e91-4159-88fb-e9149964e916>>. Acesso em: 11, janeiro, 2019.

OLIVEIRA, T. Y. M. de. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014837.pdf>>. Acesso em: 04, fevereiro, 2019.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Agenda 21 Global**. Rio de Janeiro: Nações Unidas, 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 10, fevereiro, 2019.

PAES, M. C. D.; TEIXEIRA, F. F.; MARTINS, I. S. **Composição química da palha de milho com qualidade para artesanato**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2008, Londrina. Anais. Sete Lagoas: IAPAR- Embrapa Milho e Sorgo. 2008. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30082/1/Composicao-quimica.pdf>>. Acesso em: 22, fevereiro, 2019.

PMI - Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projeto - Guia PMBOK**. 5th ed., Estados Unidos: Project Management Institute, 2012.

PRUGH, T.; ASSADOURIAN, E. *What is sustainability, anyway? - World Watch – Vision for a Sustainable World*. 2003. Disponível em: <<http://www.worldwatch.org/system/files/EP165A.pdf>>. Acesso em: 20, dezembro, 2018.

QUEIROZ, M. N. de. **Programação e Controle de Obras. Departamento de Construção Civil - Apostila**. Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG, 2001.

RUPPERT, J. **Feuillette House**. [S. l.], 2013. Disponível em: <<https://thelaststraw.org/feuillette-house/>>. Acesso em: 05, janeiro, 2019.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para o Século XXI – Desenvolvimento e Meio Ambiente**. São Paulo: Studio Nobel/FUNDAP, 1993.

SANTOS, J. C. P.; KOTHE, K. K.; MOHAMAD, G.; VAGHETTI, M. A. O.; RIZZATI, E. **Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira**. Matéria (Rio de Janeiro) [online]. 2015, vol. 20, n. 4, p.1030-1047. ISSN 1517-7076. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-707620150004.0106>>. Acesso em: 27, março, 2019.

SUSTAINABLE Sources. **Strawbale Building Registry**. Disponível em: <<http://sbregistry.sustainable-sources.com/search.straw>>. Acesso em: 11, janeiro, 2019.

WALL, K.; WALKER, P.; GROSS, C.; WHITE, C.; MANDER, T. **Development and testing of a prototype straw bale house**. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials, V. 165, p. 377-384, ISSN 1747-650X, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1680/coma.11.00003>>. Acesso em: 13, março, 2019.

WCDE – World Commission on Environment and Development. **Our common future Report**. 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>>. Acesso em: 08, julho, 2019.

ZHANG, John Q. **Load Carrying Characteristics of a Single Straw Bale under Compression**. School of Construction, Property and Planning - University of Western Sydney, Australia, 2003. Disponível em: <<https://tallerconco.org/wp-content/uploads/2017/05/Compression-John-Zhang2.pdf>>. Acesso em: 27, abril, 2019.

ANEXO A – Questionário Survey Aplicado



UFRJ

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO

Questionnaire – Straw Bales Constructions

remover marca d'água agora

1. What's your age range?

<input type="radio"/> 18-29 years old	<input type="radio"/> 30-39 years old
<input type="radio"/> 40-49 years old	<input type="radio"/> 50+ years old

2. How long your straw bale structure exists?

<input type="radio"/> Up to 5 years	<input type="radio"/> 5-10 years
<input type="radio"/> 10-20 years	<input type="radio"/> 20+ years

3. How did you find about straw bale construction?

4. Why did you choose to use this kind of construction?

5. Was your structure built by a builder, by yourself or with help of volunteers?

<input type="checkbox"/> Builder	<input type="checkbox"/> Myself	<input type="checkbox"/> Volunteers
----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

If it was built by a builder:

 - 5.1. Is the builder specialized in straw bale construction?

<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes
--------------------------	---------------------------

If it was not built by a builder (by yourself or with help of volunteers):

 - 5.1. Did you have some previous experience with construction?

<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes
--------------------------	---------------------------
 - 5.2. Did you attend to a workshop about straw bale construction?

<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes
--------------------------	---------------------------
 - 5.3. Did you use a book or an apostille to help you during the construction?

<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes
--------------------------	---------------------------



UFRJ

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO

Remover marca d'água aqui

- 5.4. Has any activity or service been outcontracted?
- No Yes. Which one?
6. Did you have any difficulty on finding a straw bales provider?
- No Yes
7. Did you have any problem or difficulty during the construction?
- No Yes. Which one?
8. Financially, did you think the investment in this type of construction was satisfactory?
- No Yes
9. Was it significantly cheaper than in a conventional construction?
- No Yes I can't tell
10. Did you have any problem with the structure or its finishing after the conclusion of the construction?
- No Yes. Which one(s)?
11. Do you know the cause of this/these problem(s)?
- No Yes. Which one(s)?
12. Which parts of the structure needed maintenance over the years?
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> External Plaster | <input type="checkbox"/> Internal Plaster |
| <input type="checkbox"/> Roof | <input type="checkbox"/> Walls |
| <input type="checkbox"/> Floor | <input type="checkbox"/> Others. Which ones? |
13. About the cost for the maintenance, do you consider it high or low?
- High Low I can't tell



UFRJ

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO

Remover marca d'água aqui

14. This type of structure is considered more thermal insulating than conventional buildings. That being said, do you think the structure saves energy expenditure from air conditioning/heater?
- No Yes
15. This type of structure is considered more acoustic insulating than conventional buildings. Is this advantage noticeable?
- No Yes
16. What is the main advantage of this type of structure?
17. What is the main disadvantage?
18. Would you have done something different if you could go back to the building at the beginning?
- No Yes. What would you change?
19. Are you satisfied with your structure?
- No Yes
20. Would you recommend straw bale construction for someone or build another structure?
- No Yes

Thank you very much for your support.

If you have any observations, you can write below.

Observations:

Researcher: Ana Luiza Salgado de Aguiar

Orientation: Prof. D. Sc. Bruno Barzellay Ferreira da Costa