



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
DOUTORADO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MADEIREIRO AMAZÔNICO NA  
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Marlize Reffatti Zinelli Viezzer

Lajeado, Janeiro de 2022

Marlize Reffatti Zinelli Viezzer

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MADEIREIRO AMAZÔNICO NA  
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Tese apresentada ao Programa de pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento na área de concentração Tecnologia e Ambiente.

Orientador: Dr. Odorico Konrad

Lajeado, Janeiro de 2022

Marlize Reffatti Zinelli Viezzer

## **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MADEIREIRO AMAZÔNICO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A banca examinadora abaixo avalia a Tese apresentada ao Programa de Pós graduação em Ambiente e Desenvolvimento da UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Doutora, na linha de pesquisa Tecnologia e Ambiente.

Prof. Dr. Mont. Odorico Konrad – Orientador  
Universidade do Vale do Taquari

Prof. Dr. Eduardo Miranda Ethur  
Universidade do Vale do Taquari

Prof. Dra. Diana Suzete Nunes da Silva  
Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dra. Erica Mitie Umakohi Kuniochi  
Universidade de Brasília

Lajeado, Janeiro de 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos:

Ao Espírito Santo que me inspirou e sustentou renovando minhas forças;

A minha melhor amiga Maria Lizete Reffatti Zinelli minha maior incentivadora;

Aos homens da minha vida, marido Eduardo Viezzer e filhos Ramiro, Yago e Ruan que com muita paciência, dedicação e carinho me apoiaram nesta etapa;

Aos amigos Aparecida Garcia Pacheco Gabriel e Eduardo José Freire, colegas de profissão que andaram comigo lado a lado rumo a esta conquista.

E por fim a UNIVATES e ao PPGAD por proporcionar a mim o maior e melhor aprendizado através de um corpo docente incrível e um orientador extremamente competente.

Prof. Dr. Odoriko Konrad registro minha eterna gratidão pela forma como conduziu nosso trabalho sempre com leveza, liberdade e muito conhecimento.

## RESUMO

A exploração florestal na Amazônia abastece a indústria madeireira que ao beneficiar tora em madeira serrada gera grandes quantidades de resíduos classificados em: pedaços de madeiras, cepilhos e serragem. Eles, em sua maioria, são armazenados de forma inadequada no meio ambiente acarretando sérios problemas ambientais. Parte da madeira serrada é usada no setor da construção civil que com o desenvolvimento econômico da Região Norte de Mato Grosso tem crescido de forma significativa. Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos acerca do potencial existente no uso de resíduos vegetais como agregado para a produção de materiais construtivos. Dentre eles está a serragem de madeira, objeto de estudo desta pesquisa. Para a elaboração deste trabalho foi realizado um diagnóstico das madeiras mais industrializadas no município de Alta Floresta - MT, identificando as espécies florestais mais exploradas e processadas nas serrarias, nomeadamente, o Cambará - *Vochysia sp.*, o Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.* e a Garapeira. - *Apuleia sp.* Elas foram selecionadas e os resíduos do desdobro primário foram classificados e quantificados com a finalidade de avaliar o potencial de uso como agregado na fabricação de blocos de concreto e de tijolos de solo-cimento. Ainda para análise desta proposta foi realizado um levantamento de dados climáticos, com o intuito de produzir a carta bioclimática local. Isso proporcionou consistência e embasamento teórico para discutir as estratégias construtivas para a região e a análise do conforto térmico prestado pelos blocos de solo, cimento e serragem. Como resultados a pesquisa atestou a viabilidade da produção de blocos de alvenaria fabricados com concreto, agregados e 12% de serragem, sendo comprovado a resistência a compressão de 3,04Mpa para o Cambará - *Vochysia sp.*, e 2,18Mpa para Garapeira. - *Apuleia sp.* Já a espécie Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm* não apresentou resultados satisfatórios. Quanto aos tijolos de solo-cimento com 20% de serragem as três espécies apresentaram os seguintes valores Mpa: 1,70 Mpa (Cambará - *Vochysia sp.*), 1,26Mpa (Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.*) e 1,95Mpa (Garapeira - *Apuleia sp.*). Os valores foram inferiores ao recomendado pela NBR 8491. No que diz respeito a produção, somente apresentaram resistência mecânica os blocos e os tijolos fabricados com a serragem tratada por lavagem e padronização granulométrica. Pela carta bioclimática o estudo avaliou que o município apresenta-se na Zona 1 - Conforto e na Zona 2 – Ventilação, onde as estratégias indicadas são ventilação cruzada e ambientes construídos mais amplos. Quando analisado o comportamento térmico dos protótipos fabricados com os materiais estudados concluiu-se que os tijolos de solo-cimento-serragem apresentaram menor amplitude térmica que os blocos de concreto-serram. Contudo ambos os materiais incorporados com serragem apresentaram temperaturas de até 2°C a menos quando comparados com os materiais convencionais demonstrando, portanto, propriedades térmicas positivas. A pesquisa comprova a possibilidade do uso de resíduos madeireiros de espécies nativas da Amazônia em

blocos de alvenaria para a construção civil e ainda os benefícios térmicos proporcionados por materiais incorporados com resíduos vegetais.

**Palavras-chave:** Serragem. Blocos concreto. Tijolos solo-cimento. Estratégia bioclimática.

## ABSTRACT

The Amazon's forest exploration supplies the lumber industry which, when processing logs into sawn wood, produce large amounts of residues classified into wood pieces, shavings and sawdust. Most of them are stored improperly in the environment causing serious environmental problems. Part of the sawn wood is used in the civil construction industry which, with the economic development of the north region of Mato Grosso state, has grown expressively. Several studies have been carried out on the potential use of plant residues as an aggregate for the production of construction material. Among them is the sawdust, this study's object. For the preparation of this research, an evaluation of the wood market in the of Alta Floresta - MT was carried out, identifying the most explored and processed forest species in the sawmills, namely, Cambará - *Vochysia sp.*, Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.* and Garapeira. - *Apuleia sp.* They were selected and the residue from the primary limbing was classified and quantified in order to assess their potential use as an aggregate in the manufacture of concrete blocks and soil-cement bricks. For the analysis of this proposal, a survey of climatic data was also carried out, aiming to produce a local bioclimatic chart. This provided consistency and theoretical basis to discuss the construction strategies for the region and the evaluation of thermal comfort provided by the blocks of soil, cement and sawdust. As a result, the research attested the feasibility of producing masonry blocks made of concrete, aggregates and 12% of sawdust, being proven the compressive strength of 3.04 Mpa for Cambará - *Vochysia sp.*, and 2.18 Mpa for Garapeira. - *Apuleia sp.* The species Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm* did not show satisfactory results. As for the soil-cement bricks with 20% sawdust, the three species presented the following Mpa values: 1.70 Mpa (Cambará - *Vochysia sp.*), 1.26 Mpa (Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.*) and 1.95 Mpa (Garapeira - *Apuleia sp.*). These values were lower than those recommended by NBR 8491. Regarding the production, only the blocks and bricks manufactured with sawdust treated by washing and granulometric standardization showed mechanical resistance. Based on the bioclimatic chart, the study assessed that the city is located in Zone 1 - Comfort and Zone 2 - Ventilation, where the indicated strategies are cross ventilation and broader built ambiances. When analyzing the thermal behavior of the prototypes manufactured with the studied materials, it was concluded that the soil-cement-sawdust bricks had a lower thermal amplitude than the concrete-saw blocks. However, both materials incorporated with sawdust had temperatures of up to 2°C less when compared to conventional materials, thus demonstrating positive thermal properties. The research attests the possibility of using wood residues from Amazonian native species in masonry blocks for civil construction and also the thermal benefits provided by materials incorporated with vegetable residues.

**Keywords:** Ssawdust. Concrete blocks. Soil-cement bricks. Bioclimatic strategy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Carta Bioclimática por Givoni .....	14
Figura 2 - Disposição dos resíduos madeireiros na região norte de MT.....	34
Figura 3 - Placas de cimento-madeira .....	40
Figura 4 - Blocos de cimento-madeira .....	41
Figura 5 - Tijolo ecológico solo-cimento.....	43
Figura 6 - Fluxo metodológico .....	45
Figura 7 - Município de Alta Floresta .....	47
Figura 8 -Localização da Estação meteorológica de Alta Floresta .....	48
Figura 9 - Dimensões do bloco cimento-madeira e solo-cimento .....	52
Figura 10 - Produção do Blocos Cimento-serragem.....	53
Figura 11 - Fabricação dos Blocos Cimento-serragem na vibro-prensa .....	54
Figura 12 - Produção dos tijolos solo-cimento-serragem.....	55
Figura 13 - Fabricação do tijolo-solo-cimento serragem prensa hidráulica.....	56
Figura 14 -Tijolos solo-cimento-serragem em processo de cura .....	56
Figura 15 - Testes de resistência a compressão.....	58
Figura 16 -Teste de Resistencia nos Tijolos solo-cimento-serragem .....	59
Figura 17 -Teste de absorção umidade dos blocos e tijolos .....	60
Figura 18 -Local de instalação dos protótipos .....	61
Figura 19 - Representação da planta baixa dos protótipos.....	62
Figura 20 - Representação da cobertura e corte AA' dos protótipos.....	62
Figura 21 - Construção dos protótipos.....	63
Figura 22 - Datalogger HT900 Instrutherm (termo higrômetro no protótipo)...	65
Figura 23 - Carta Bioclimática para a cidade de Alta Floresta/MT .....	70
Figura 24 - Classificação e preparo da serragem das espécies selecionadas	78



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climáticos: médias mensais do período de 2008-2018.....	49
Tabela 2 – Estratégias Bioclimáticas mensais para a cidade de Alta Floresta /MT ...	72
Tabela 3 - Testes de resistência a compressão dos blocos de Concreto .....	80
Tabela 4 -Testes de resistência a compressão dos tijolos solo-cimento.....	83
Tabela 5 -Temperaturas máximas e mínimas registradas pelos datalogger HT900. .	85

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Médias anuais de temperaturas máximas e mínimas.....	68
Gráfico 2 - Médias anuais de umidade relativa do ar em % .....	69
Gráfico 3 - Relação das espécies Florestais exploradas em Alta Floresta- MT.....	75
Gráfico 4 -Seleção das três espécies mais comercializadas em Alta Floresta-MT....	76
Gráfico 5 – Comparativo de resistência dos Blocos de cimento-serragem .....	81
Gráfico 6 - Comparativo de resistência dos Blocos de solo-cimento-serragem .....	84
Gráfico 7 -Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais quente nos protótipos de bloco. ....	87
Gráfico 8 -Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais frio nos protótipos de bloco.....	88
Gráfico 9 -Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais quente nos protótipos de tijolo solo-cimento. ....	90
Gráfico 10 -Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais frio nos protótipos de tijolo solo-cimento.....	91
Gráfico 11 - Comportamento térmico dos protótipos. ....	93

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CCSEMA	Cadastro de Consumidores de Produtos Florestais
CIB	Conselho Internacional para pesquisa e Inovação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DOF	Documento de Origem Florestal
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FEMA	Fundação Estadual do Meio Ambiente
HQE	<i>Haute Qualité Environnementale</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Instituto Centro de Vida
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INDEA	Instituto de Defesa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológicas
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MT	Mato Grosso
MT-LEGAL	Programa Mato-Grossense de Regularização Ambiental Rural
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PCdoB	Partido Comunista do Brasil
PCI	Estratégia Produzir, Conservar e Incluir

PEF	Plano de Exploração Florestal
PMFS	Plano de Manejo Florestal Sustentável
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPCDQ-MT	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas de Mato Grosso
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SIMENORT	Sindicato dos Madeireiros de Alta Floresta
SISFLORA	Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais
SUDECO	Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNIFLOR	União das Faculdades de Alta Floresta

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
1.1 Tema.....	8
1.2 Delimitação do tema.....	9
1.3 Problema .....	9
1.4 Hipótese .....	9
1.5 Objetivos .....	9
1.5.1 Objetivo Geral .....	9
1.5.2 Objetivos Específicos .....	9
1.6 Justificativa.....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Bioclimatologia .....	12
2.2 Estratégias Bioclimática para Edificações .....	14
2.3 Sustentabilidade na Construção Civil.....	17
2.4 Conforto Térmico da Construção Civil.....	19
2.5 Resistencia mecânica de compósitos cimentícios.....	21
2.6 Utilização de materiais renováveis em edificações .....	23
2.7 Histórico da exploração florestal no Brasil.....	25
2.8 Mato Grosso Políticas públicas e Gestão ambiental .....	28
2.9 Setor madeireiro na região norte do Mato Grosso .....	30
2.10 A classificação dos resíduos.....	32
2.11 Caracterização das espécies mais comercializadas no estado de MT.....	34
2.12 Serragem na fabricação de blocos de alvenaria .....	39
2.12.1 Compósito Cimento-serragem como material construtivo .....	39
2.12.2 Compósitos de Solo-serragem como material construtivo .....	42
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>45</b>
3.1 Tipo de pesquisa .....	45
3.2 Coleta dos dados .....	46

3.3 Aspectos técnicos.....	47
3.3.1 Elaboração da Carta Bioclimática de Alta Floresta.....	47
3.3.2 Caracterização e Mensuração do Resíduo Madeireiro .....	49
3.3.3 Manufatura do bloco de cimento-serragem.....	51
3.3.4 Manufatura do bloco de e solo-serragem.....	54
3.3.5 Avaliação da resistência à compressão.....	57
3.3.6 Teste de absorção de água .....	60
3.3.7 Construção dos protótipos.....	61
3.3.8 Avaliação do desempenho térmico.....	63
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>67</b>
4.1 Carta Bioclimática do município de Alta Floresta/MT .....	67
4.2 Caracterização do resíduo pó de serra produzido na indústria madeireira .....	73
4.3 Avaliação da resistência dos blocos de cimento-serragem. ....	79
4.4 Avaliação da resistência dos tijolos de solo-serragem .....	82
4.5 Avaliação do desempenho térmico dos materiais .....	85
4.5.1 Desempenho térmico do bloco de cimento-serragem .....	86
4.5.2 Desempenho térmico do tijolo solo-cimento-serragem .....	89
4.5.3 Demonstrativo do comportamento térmico dos protótipos .....	91
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A consciência da sociedade sobre o uso racional dos recursos naturais, a ação antrópica exercida pela crescente expansão de aglomerados urbanos e expansão da fronteira agrícola na Amazônia, são questões que provocam preocupação com os passivos ambientais gerados ao longo de décadas na região Norte de Mato Grosso.

Os projetos de exploração começaram há mais de cinco séculos com a chegada dos europeus, mas foi durante o século XX que os conflitos de uso e ocupação do solo se intensificaram na Amazônia, perpetuando até os dias de hoje. O desmatamento era inferior a 1% do território amazônico até o início da década de 1970, atingiu quase 19% dele em 2013, historicamente a degradação da Amazônia é decorrente da conversão de áreas de florestas para atividade agropecuária, exploração madeireira e garimpos legais e ilegais (FGV, 2016).

A partir da década de 1970, o processo de ocupação acelerou-se no norte do Mato Grosso e milhões de hectares de florestas nativas foram derrubados para criação de pastos e projetos de colonização e reforma agrária (ALVES, 2001).

Até a década de 80, o Estado de Mato Grosso poderia ser dividido hipoteticamente, em duas porções: o norte, compondo uma área de maior dinamismo demográfico nas duas últimas décadas; e o sul, formando uma área mais consolidada e com menores taxas de incremento demográfico. Localidades no extremo norte como Alta Floresta, Colíder e Alto Teles Pires, cresceram as taxas elevadíssimas nos anos 80 (CUNHA, 2006, p.93).

A região norte do estado de Mato Grosso apresentou um crescimento populacional significativo a partir da década de 1980, este fato intensificou a exploração dos recursos naturais para a instalação de novas cidades e o desenvolvimento urbano intensificou o impacto ambiental e a degradação florestal.

O crescimento socioeconômico proporcionou a consolidação do setor madeireiro, uma vez que para a implantação de novos municípios foi necessária a criação de indústrias madeireiras e conseqüentemente o surgimento do mercado de madeira na região.

As Indústrias madeireiras, a princípio concentraram suas atividades em desdobro primário, que consiste na transformação da tora recém-abatida em madeira serrada, blocos, tábuas e vigas que posteriormente são utilizadas de forma geral para a construção civil. Desse processo industrial de beneficiamento das toras, origina-se o resíduo da madeira nativa, que pode ser classificado em pó de serra, aparas ou pedaços e a maravalha.

Conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004), resíduos nos estados sólido e semissólido são aqueles que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. A norma também os classifica em classe I, perigosos, e classe II, não perigosos, dividida em IIA-não inertes e IIB-inertes.

Usualmente os resíduos florestais são classificados como qualquer material que sobra do processo de transformação e podem ser resultantes da colheita ou do processamento da madeira, tais resíduos apresentam diversas classificações: os resíduos da colheita podem ser galhos, copa e casca de árvores abatidas com defeitos; e os resíduos das madeireiras são genericamente classificados como cascas, aparas, cepilhos, serragem e cavacos produzidos ao longo do processo (BONISSONI, 2017).

Por se tratar de um material acumulativo e com intenso fluxo de geração, sua disposição ocorre de maneira acelerada e nos períodos de intensa produção os resíduos se apresentam em maior quantidade que os produtos finais. Os impactos gerados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos madeireiros se destacam em uma esfera tanto social quanto ambiental (TULLIO, 2019).

Brito e Cunha (2009), retratam que os resíduos da indústria madeireira, majoritariamente, são considerados sólidos, não perigosos e não inertes; entretanto, apresentam as características de combustibilidade e degradabilidade, podendo causar incêndios acidentais ou proliferação de insetos.

Nesse sentido, com o aumento progressivo da quantidade de madeira desdobrada no setor madeireiro, tem-se ampliado, também, o problema das quantidades cada vez maiores de resíduos, que por sua vez, atualmente, tem pouca utilização na indústria onde foram gerados (BRAND *et al.*, 2004).

Além do aumento da quantidade de resíduos, de acordo com Riul e Ribeiro (2012, p.19) ocorre ainda a:



Ausência de processos de separação de resíduos que envolvem uma série de problemas e prejuízos. Dificulta qualquer forma de controle, reutilização, reaproveitamento e reciclagem desses materiais. Impossibilita a identificação de possíveis problemas de desperdício de matéria-prima e insumos nas fases do processo produtivo. Impede também que tais resíduos sejam reintegrados ao ciclo produtivo, dentro ou fora da fábrica, o que acarreta a retirada de nova matéria-prima da natureza para produzir novos materiais, gerar mais resíduos e maiores impactos que poderiam ser minimizados com o retorno dos resíduos na forma de matéria-prima ou energia na mesma ou em outra atividade produtiva.

Nesse contexto, as indústrias madeireiras geram esses resíduos em abundância, realizam ainda o descarte e empilhamento a céu aberto, tudo isso, ao longo de décadas, que resultou num passivo ambiental para este setor produtivo regional.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA nº 474/2016 (CONAMA, 2016), a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso, considera aceitável que o índice de aproveitamento da madeira em tora seja em torno de 35%, podendo o restante ser considerado resíduos madeireiros, estes são classificados em costaneiras, pequenos pedaços, pó de serra e maravalha.

Atualmente na Amazônia Legal, a exploração de florestas nativas é permitida por meio dos planos de manejo florestal sustentável, descrito na Lei de Gestão de Florestas Públicas. Conforme a Lei Federal nº 11.284/2006 (BRASIL, 2006), artigo 3º, inciso VI, permite-se a:

[...] administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema, objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal. (BRASIL, 2006)

Destarte, o atual modelo utilizado pelo setor, tem contribuído para intensificar a exploração e comercialização de um pequeno grupo de espécies, que apresentam madeira com propriedades físicas e mecânicas relevantes para construção civil e produção de móveis.

## **1.1 Tema**

A utilização do resíduo de madeira como agregado na produção de blocos de alvenaria.

## **1.2 Delimitação do tema**

Classificação e quantificação do resíduo serragem de madeira instaurado como um passivo ambiental no município de Alta Floresta/MT, para a proposta de produção de um material alternativo, bloco de cimento-serragem e solo-serragem direcionado a construção civil.

## **1.3 Problema**

O descarte inadequado do resíduo originado da indústria madeireira que gera um passivo ambiental tem potencial de uso para a fabricação de blocos de cimento-serragem para construção civil na região norte do MT?

## **1.4 Hipótese**

- a) o uso da serragem de espécies nativas da Amazônia para a fabricação de um material construtivo resistente que possibilite melhoria de conforto térmico tem aplicabilidade na região;
- b) o material construtivo apresenta resistência adequada para o uso na construção, mas não garante conforto térmico para construções na região norte do Mato Grosso.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um material de um bloco de cimento-serragem como um material alternativo para construção civil aplicando resíduo madeireiro de espécies florestais nativas da região amazônica avaliando uso para construção civil considerando a resistência e o desempenho térmico no município de Alta Floresta-MT.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Analisar dados climáticos de temperatura, umidade do ar, orientação e velocidade de predominância dos ventos, para o desenvolvimento da Carta Bioclimática do município de Alta Floresta/MT;

- Catalogar as espécies florestais mais exploradas e quantificar o resíduo classificado como pó de serra produzido na indústria madeireira no município de Alta Floresta/MT;
- Manufaturar blocos de cimento-serragem e solo-cimento produzido com cimento Portland, solo e pó de serra de madeiras nativas da região amazônica e solo;
- Construir protótipos com cobertura e material construtivo, blocos de cimento-serragem e blocos de solo-serragem analisando as propriedades térmicas das composições.

## **1.6 Justificativa**

O setor madeireiro no município de Alta Floresta fomenta a indústria de madeira serrada e de produção de móveis, ambas geram resíduos em todas as fases de produção com diferentes características, que em sua maioria são utilizados como fonte de energia. Porém, o fato de alguns apresentarem baixa densidade e granulometria, encarece a logística de coleta e transporte sendo, portanto, depositados a céu aberto, contaminando o meio ambiente e colocando a população em risco, devido à possibilidade de combustão em função da característica do material, ao longo período de estiagem e baixa umidade relativa do ar nos meses de junho a setembro de cada ano nessa região.

Com dados de um levantamento realizado no Sindicato dos Madeireiros de Alta Floresta – SIMENORT foi possível identificar vinte e três serrarias ativas no município, mas, estima-se que esse valor seja superior, uma vez que nem todas as indústrias madeireiras estão sindicalizadas, e conforme o volume de madeira serrada no município apresentada pela SEMA, estima-se uma produção de resíduo ainda maior.

Alta Floresta é considerada um município em expansão, pois sua emancipação tem apenas 45 anos, porém, desde o início da sua colonização a atividade madeireira foi muito intensa, deixando no meio ambiente um dano visível ao longo de décadas, pois os resíduos madeireiros ficam dispostos nos pátios de estocagem de madeiras inativas e também nas que continuam operando.

Esta pesquisa apresenta uma proposta de relevância ambiental expressiva, pois pretende propor uma alternativa para uso do resíduo que causa o passivo

ambiental, além de demonstrar a viabilidade econômica, ao criar um material construtivo alternativo, que pode ser usado na construção civil. Além disso, avaliou o desempenho térmico para melhor aceitação do produto comercialmente, fato que pode criar mercado para um novo produto e fomentar a economia local, com a proposta para a reutilização dos resíduos descartados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Bioclimatologia

No ano de 2003 foi apresentado o primeiro zoneamento bioclimático. Sua entrada em vigor, no entanto, só aconteceu em 2005, na condição de parte integrante da NBR15220/2003 (ABNT, 2005). No referido documento há a proposta de divisão territorial do Brasil em exatamente 8 zonas bioclimáticas. Para cada uma delas apresentou-se não só recomendações de diretrizes construtivas, mas também minúcias das estratégias de condicionamento térmico passivo para habitação de utilidade e proveito social. Isso, conforme os dados relatados por Martins (2012).

O Estado de Mato Grosso possui como característica um clima tropical marcado por altas temperaturas. Essas, em média de 20°C, alternadas a baixa amplitude térmica que não ultrapassam a 10°C. É típico dessa região a ocorrência de verões quentes e úmidos e de invernos que, frequentemente, registram temperaturas mais baixas e com queda no índice de precipitação. Conforme a literatura existente (FGV, 2016), nas regiões de clima equatorial não há diferenciação de estações. Isso se deve, essencialmente, à baixa amplitude térmica e ao nível constante de pluviosidade. Essas especificidades mencionadas oportuniza a elaboração de uma proposta ou modelo construtivo que traga a garantia de maior conforto. Isso, dadas as condições de natureza climática que apresentam pouca variação no percorrer do ano.

Consoante a interpretação de Kinsel (2009), a carta psicométrica serve de instrumento para avaliação do clima de um determinado lugar, sem negligenciar as questões de conforto e estratégias Bioclimáticas de projeto. No que tange a indicação exata das zonas de conforto térmico, cabe, aí, se utilizar de informações pertinentes às variáveis ambientais. Isso, considerando que as referidas condições climáticas variam conforme a localização geográfica e o período do ano.

No que tange a carta bioclimática, não se pode deixar de mencionar a que Baruch Givoni (1969) desenvolveu. A de sua autoria possibilitou determinar o efeito

do conforto térmico na edificação com estratégias construtivas apropriadas ao contexto climático local (apud KINSEL, 2009, p 18).

Na avaliação de Serafin (2017) a carta bioclimática de autoria de Givoni em 1969 é a mais evoluída. O autor (2017) argumenta que isso se deve ao fato que ela foi traçada sobre uma carta psicométrica convencional e utiliza como referência a umidade absoluta. Entrementes, essa análise de Givoni possuía restrições no que concerne os limites da zona de conforto para climas quentes. Isso ocasionou em revisões e ajustes por parte do autor e por Milne em 1979. Nessa oportunidade, os limites da zona de conforto foram ampliados; além disso, a nova abordagem relaciona temperatura de bulbo seco, umidade do ambiente, a pressão de vapor e a temperatura de bulbo úmido.

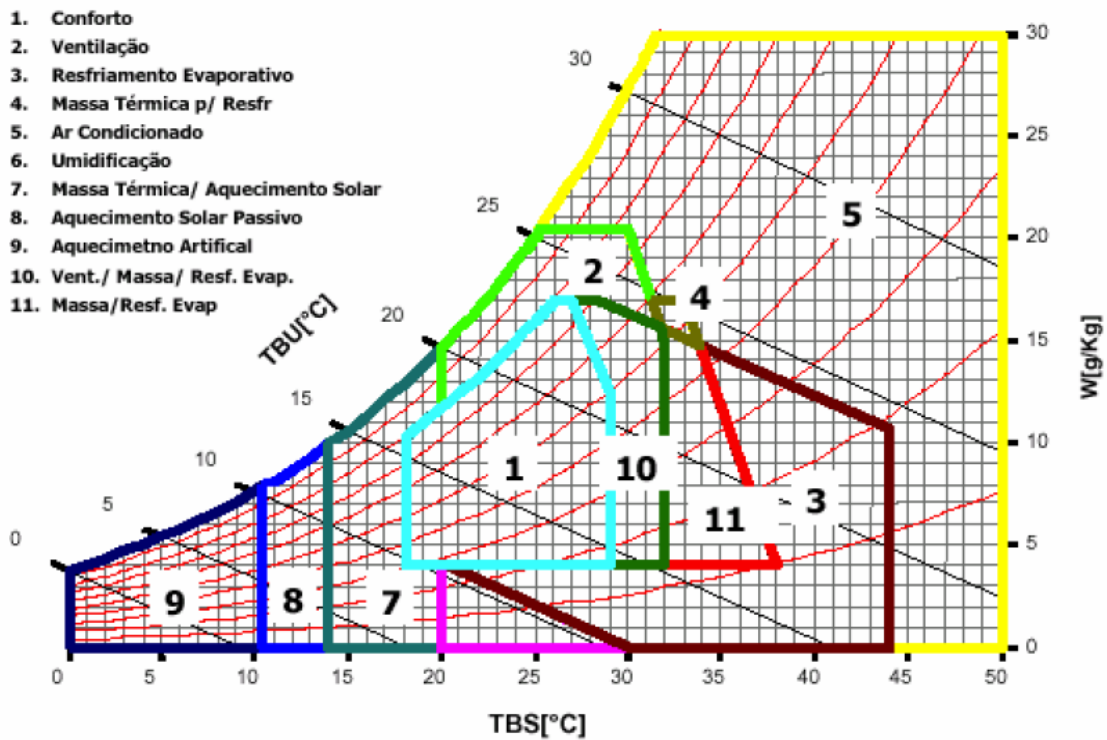
Para se elaborar uma carta bioclimática se tem como base, na atualidade, o uso de alguns softwares. Entre eles, está o *Analysis Bio*, programa pensado e concebido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que plota as médias mensais climatológicas sobre a carta delineando 12 retas que retratam os dozes meses do ano. Com a criação da carta, os valores são distribuições numa taxonomia composta por onze zonas climáticas.

No que tange a Zona 1, é próprio de sua natureza a sensação de conforto gerada na maioria das pessoas. Essa sensação pode ser galgada em faixas de umidade relativa situadas entre 20% e 80%, com temperatura entre 18°C e 29°C. Caso a temperatura transponha os 29°C, ou, então, haja uma umidade que seja maior que os 80%, se faz necessário a ventilação para amenizar a sensação térmica. Por conseguinte, essa é a estratégia adotada para Zona 2 (LAMBERTS, 2007; LAMBERTS; TRIANA, 2007).

Em contraste com as outras zonas, a Zona 3 é conhecida como zona de *Resfriamento Evaporativo*. Ela surge quando a evaporação da água diminui a temperatura e aumenta a umidade relativa do ambiente. Na sequência, se encontra a Zona 4 que se localiza na *Zona Térmica para Resfriamento* com temperaturas superiores a 29°C, enquanto a Zona 7 é a *Zona Térmica para Aquecimento* com temperaturas menores que 20°C. Dentro da tipologia de zonas, existe ainda a Zona 5 – *Zona de Ar Condicionado* – que diz respeito às regiões de clima com temperaturas mais elevadas; a Zona 8 e 9 referentes à *Zona de Aquecimento Solar Passivo* (Zona 8) e a de *Aquecimento Artificial* (Zona 9), ambas com temperaturas variando de 0°C a 14°C; as Zona 10 e 11 originadas das interseções presentes nas zonas de ventilação,

resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento. Nessas últimas duas zonas, as estratégias devem ser aplicadas de forma diversificada em conjunto ou separadamente (LEÃO, 2007).

Figura 1 - Carta Bioclimática por Givoni



Fonte: Givoni (1992) adaptada pela Autora.

Os estudos de Givoni (1994) serviram de fundamento para definição do zoneamento bioclimático brasileiro discutido na NBR 15220 (2005b) e o desempenho Térmico de Edificações retratado na NBR 15220 (2005a). Essas zonas bioclimáticas foram caracterizadas de acordo com o grau de proximidade das características climáticas de cada região. Somado a isso, para cada zona se direcionam estratégias construtivas que podem ser tomadas para assegurar mais conforto ambiental no espaço construído.

## 2.2 Estratégias Bioclimática para Edificações

O aumento populacional, a urbanização intensa e o crescimento da indústria da construção nos últimos anos levaram ao uso excessivo dos recursos naturais e de

energia se tornando uma ameaça para o equilíbrio econômico e social regional (LASVAUX *et al.*, 2016).

Segundo Spinelli, Alves e Konrad (2013) é imprescindível trabalhar estratégias para minimizar o consumo energético e a racionalização dos métodos de utilização dos recursos naturais, uma vez que vivenciamos uma crise energética há cinco anos. No Brasil a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017) afirma que o setor residencial é responsável por 29% do consumo energético e afirma que para reduzir o consumo alguns desafios devem ser alcançados, o primeiro está relacionado a busca de maior eficiência para a redução do consumo energético das edificações, a segunda é a ampliação da autoprodução energética, além de atender o consumo crescente de 3% no período de 2014 a 2030.

O custo energético, o custo de construção bem como a estabilidade estrutural devem ser fatores norteadores na escolha do sistema de paredes externas das construções, além da qualidade do ambiente interno dado o fato de que há uma quantidade considerável de energia que é utilizada para a refrigeração afim de manter a saúde e o conforto dos moradores (LEE; KIN; NA, 2015).

O planejamento e o design do espaço têm influência no consumo de energia da edificação, fatores como o dimensionamento, a forma, sua orientação, localização, número de aberturas de luz, processos de filtragem reduzem os efeitos de calor negativos do clima do local, trazendo equilíbrio térmico a edificação (PERLOVA, 2015).

[...]O conforto térmico exprime satisfação com o ambiente térmico, sendo vários fatores que influenciam, entre eles os aspectos físicos relacionados aos processos de trocas de calor: condução, convecção, radiação e evaporação que ocasionam no organismo ganhos e perdas de energia com o meio, através da influência das variáveis meteorológicas como a temperatura, umidade, movimento do ar e radiação responsáveis por uma maior ou menor sensação de conforto térmico. Deve-se considerar também, as variáveis fisiológicas e psicológicas que variam de indivíduo para indivíduo conforme a percepção e preferências térmicas (PAGNOSSIN, *et al.*, 2001).

O território brasileiro apresenta uma grande diversidade climática e muitas particularidades regionais, até por se tratar de um amplo território. Este fato evidencia a necessidade da caracterização dessa diversidade e agrupamento de zonas bioclimáticas, com o objetivo de serem formuladas diretrizes construtivas adequadas para cada realidade (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 2001).

Segundo Manzano-Agugliaro *et al.* (2015) analisar e implementar sistemas



arquitetônicos que contribuam para a redução do consumo de energia colabora para um desenvolvimento mais sustentável. A busca por soluções construtivas e sistemas bioclimáticos que promovem maior nível de conforto climático dentro da edificação resultam em grandes medidas de economia de energia.

A NBR 15220/2003 estabelece diretrizes para a elaboração de projetos que satisfaçam os requisitos que dizem respeito ao desempenho térmico das construções habitacionais no Brasil. Porém, existe mais uma norma, a NBR 15575/2013 que trata de desempenho de edificações habitacionais, ela busca atender exigências dos usuários no que se refere aos sistemas que compõem as unidades habitacionais utilizados no Brasil, incentivando o desenvolvimento tecnológico, ao mesmo tempo em que orienta e avalia a eficiência técnica e econômica das edificações, de acordo com a zona Bioclimática do local (ABNT, 2013).

A concepção de edificações que consideram a racionalização do uso de energia e que proporcione conforto aos seus usuários tem sido objeto de investigações científicas. Se um projeto arquitetônico se traduzir apenas em um arranjo visual, ele não irá cumprir as demais premissas arquitetônicas que são: funcionalidade, conforto térmico e sustentabilidade (SANTANA *et al.*, 2019).

Segundo Serafim *et al.* (2017), além das estratégias de urbanização, a orientação, a forma, o volume, as propriedades das superfícies, os materiais construtivos são temas amplos que precisam ser considerados pelo projetista, porque são variáveis que se inter-relacionam e condicionam o desempenho da edificação.

Conforme Brown e Dekay (2004), a utilização de ventilação natural como parte integrante do projeto da edificação permite a entrada de ar externo, diminuindo a energia requerida para diminuir a temperatura interna e minimizando o consumo de energia elétrica para resfriamento da edificação. O aquecimento que pode ser fornecido pelo sol durante o dia resulta no acúmulo de calor, um ganho térmico que pode ser transferido do exterior para o interior afetando as condições de conforto térmico do usuário.

Spinelli *et al.* (2018), ao estudar materiais naturais para isolamento térmico de edificações, explicam que a eficiência é mensurada por cálculos que determinam os índices de condutividade térmica de cada material. Estes índices são referendados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que elaborou a NBR 15220-1, NBR 15220-2 e a NBR 15220-4. Elas detalham as propriedades físicas de um material homogêneo e isotrópico e apresentam a condutividade térmica de cada

material, a determinação de resistência térmica e a condutividade térmica, respectivamente.

Para Vieira (2015), os modelos construtivos mais sustentáveis são alcançados com propostas inovadoras de técnicas de construção, que priorizem a economia energética, o baixo impacto ambiental, o resgate de técnicas ancestrais e a harmonização com a natureza. Entretanto, de maneira geral, as propostas apresentam vantagens e desvantagens, e sendo assim, o autor supracitado recomenda que as técnicas sejam mescladas, usando o que há de melhor em cada conhecimento prático, considerando fases, capacidade de execução e características regionais para cada projeto criado.

### **2.3 Sustentabilidade na Construção Civil**

Segundo Braga (2005) *apud* Dallastra *et al.* (2019), com a revolução industrial mudanças significativas insurgiram para a sociedade, energia elétrica, transporte ferroviário, indústrias e produção em série, mudando o cotidiano da população, inclusive aumentando as áreas urbanas, desencadeando uma série de problemas como a necessidade de mais espaços para habitação, maior consumo de energia e recursos naturais, contribuindo para o aumento da poluição e agravando a degradação ambiental.

A construção civil na década de 90 foi marcada pelas primeiras metodologias que subsidiaram a elaboração de projetos com alta qualidade ambiental. Entre os métodos propostos tem destaque o método inglês BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) que definiu padrões para melhores práticas do projeto atribuindo créditos conforme o desempenho alcançado, o método norte-americano LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) que tem como objetivo melhorar o bem-estar dos ocupantes, aumentar o desempenho ambiental e o retorno econômico dos edifícios e o método francês HQE (*Haute Qualité Environnementale*) destinado a promover eficiência ambiental das edificações considerando a gestão da qualidade ambiental no desenvolvimento dos projetos das edificações (SALGADO *et al.*, 2012).

A discussão sobre edificações sustentáveis vem sendo abordada há décadas por diferentes autores, em geral com foco no desempenho da edificação e na vida útil dos materiais, porém para atender aos objetivos é necessário introduzir mudanças na

gestão dos processos e buscar por novas tecnologias que promovam maior sustentabilidade ambiental nas edificações.

A sigla ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) se refere a objetivos criados pela própria Organização das Nações Unidas (ONU) e integrados a Agenda 2030. Tratam-se de objetivos que se fixaram, num contexto global, como metas que orientam as instituições, organizações e países para empreenderem ações, medidas e projetos que promovam de forma igualitária e justa a inclusão e o desenvolvimento social. Entre os 17 ODS que integram a Agenda 2030, os que mais se alinham a construção civil são: Água e Saneamento para todos – ODS 6; Energia – ODS 7; Inovação e Infraestrutura – ODS 9; Cidades e Comunidades Sustentáveis – ODS 11 e Consumo e Produção Responsáveis – ODS 12 (AGENDA 2030, 2019).

Consoante as reflexões de Silva e Pardini, (2010), a agenda para construção sustentável tem por dever exprimir as diversas dimensões da sustentabilidade. O controle a ser feito deve transcender a avaliação ambiental para avaliação da sustentabilidade que contemple os aspectos sociais e econômicos. Esses, segue o autor, relacionados à produção, operação e modificação do ambiente construído.

Com a industrialização e urbanização houve a ascensão do consumo de energia, causando um esgotamento de recursos energéticos e problemas ambientais como o aquecimento global e as mudanças climáticas decorrentes da emissão de gases do efeito estufa, a conscientização sobre as questões ambientais aumentaram e alguns esforços estão sendo realizados no campo da arquitetura com a proposta de desenvolver materiais que diminuam o impacto no ambiente. A variedade desses materiais naturais está sendo amplamente utilizada como materiais na construção: palha, junco, cânhamo, linho e ainda a madeira que desempenha um papel importante na redução das emissões de carbono (PARK *et al.*, 2019).

O resultado da arquitetura sustentável focada na eficiência energética se resume na combinação de conceitos arquitetônicos, fundamentos do conforto ambiental, técnicas construtivas além de gestão predial. Nesta linha de raciocínio a sustentabilidade nas edificações vai muito além da construção da edificação, estando inserida na gestão do espaço, na busca da sustentabilidade, da educação e da mudança cultural da sociedade (SIMIONOVSKI, 2018).

O consumo de energia por metro quadrado pode ser um indicador de desempenho energético de um edifício, certamente que a influência do clima, a demanda energética derivada da climatização e da iluminação artificial relacionam-se

com o projeto arquitetônico da edificação, as características térmicas, assim como as particularidades do uso e preenchimento do espaço condicionam esse desempenho. Portanto, mudanças no estilo de vida e nas formas de habitar da sociedade são fatores que afetam o desenvolvimento sustentável de uma localidade.

Segundo Gonçalves e Bode (2015), a energia consumida no setor das edificações varia consideravelmente entre regiões e países, de acordo com as condições climáticas, o poder econômico, tecnologias disponíveis e padrões culturais, 35% do consumo na China é para o aquecimento da água, já na Índia de 60% a 70% do consumo energético é para o preparo da comida, enquanto em países desenvolvidos em que a maioria está localizada em regiões de clima temperado frio, o consumo é voltado para o aquecimento do ambiente interno representando 60% em países em desenvolvimento como o Brasil. Grande parcela da energia consumida no setor residencial é destinada a eletrodomésticos e aquecimento de água. Nestes casos o foco inicial para a redução da demanda de energia deve ser na introdução de tecnologias mais eficientes e na adoção de condutas comportamentais em prol de um consumo mais consciente.

É indiscutível a necessidade de redução de consumo de energia porém, eficiência energética na construção civil vai muito além da redução de kWh/m<sup>2</sup> ou mesmo o alcance de uma determinada temperatura do ar ou níveis preestabelecidos de iluminação. Gonçalves e Bode (2015) afirma que o edifício ambiental se beneficia da relação com o meio exterior por meio de espaços de transição, dessa forma acesso ao sol, aproveitamento da luz natural, comunicação visual entre exterior e interior e ar fresco são parâmetros ambientais a serem considerados indo além dos limites quantitativos do desempenho energético da edificação.

## **2.4 Conforto Térmico da Construção Civil**

Muniz e Caracristi (2015) *apud* Spinelli *et al.* (2017) relatam que a crise energética desencadeada na década de 70 apresentou uma realidade que promoveu o estudo de estratégias arquitetônicas para minimizar o consumo de energia e maximizar a racionalização dos recursos naturais, ainda ressalta que os alertas climáticos se intensificaram com a fundação do Clube de Roma e a Conferência de Estocolmo na Suécia em 1972, onde foi discutido o conceito de desenvolvimento sustentável, defendido o uso moderado dos recursos naturais e a preservação dos

ambientes naturais.

Lee, Kim e Na (2015), ao desenvolver um estudo na Coreia sobre o desempenho energético e o custo de construção das paredes externas de edifícios percebeu que durante o ciclo de vida da edificação devido as condições climáticas a carga de refrigeração foi superior a carga de aquecimento, o ambiente interno criado pelas paredes externas tem grande influência no consumo de energia afetando diretamente o custo de operação incorrido pelo usuário.

A mudança climática, com o aumento das temperaturas e períodos mais secos, promoveu o aumento de regiões com condições climáticas desconfortáveis. O calor adequado é um dos pré-requisitos para sobrevivência humana, portanto, o isolamento da edificação é necessário em locais onde a temperatura externa provoca um desconforto. Historicamente, por milhares de anos, as pessoas usaram materiais naturais para esse fim, sendo musgo, argila, palha, lã, ervas entre outros. No último século, no entanto, muitos materiais sintéticos foram desenvolvidos nesta área de aplicação, mas considerando a tendência global para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, a humanidade traz novamente o pensamento verde (SABLE *et al.*, 2015).

Quando o usuário do ambiente expressa satisfação com o ambiente térmico que a cerca pode-se afirmar que está numa condição de conforto térmico, porém existe uma vertente que defende o termo neutralidade térmica, pois enfatizam outras variáveis que muitos padrões de conforto não avaliam. Independente do termo é de consenso que a manutenção deste conforto retrata um equilíbrio entre o corpo e seu meio (SERAFIM, 2017).

Dallastra *et al.* (2019), relata que o estudo do conforto térmico visa garantir um ambiente agradável, pois isso estimula a produtividade, a segurança e a saúde humana. Frota e Shhiffer (2005) comprovam esta afirmação quando relatam que estudos desenvolvidos em 1916 pela *American Ventilation Commission* demonstraram que o desconforto térmico no ambiente de trabalho reduziu o desempenho entre 15% - 40%.

Conforme Lamberts e Naranjo (2016) o estudo do conforto ambiental está fundamentado em fatores como bem-estar humano em relação ao ambiente que o cerca, incluindo aspectos relacionados à higiene e salubridade dos espaços, o tipo de usuário para cada ambiente considerando diferentes atividades como intelectual, manual ou física e a conservação de energia.

Pensar em adequar a arquitetura ao clima de uma determinada região, significa

construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. Ao projetista cabe criar edificações que amenizam as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, seja calor ou frio extremo ou ainda ventos intensos. É também sua tarefa propiciar ambientes que sejam no mínimo tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos (SERAFIM, 2017).

Para Cunha (2006) *apud* Flores (2014) não existe arquitetura bioclimática, mas sim, a arquitetura, simplesmente. A arquitetura bioclimática nada mais é que a utilização de conhecimentos relacionados ao lugar, clima, às orientações, à insolação no desenho arquitetônico. Assim, a concepção do projeto arquitetônico estará imergida nas informações sobre a paisagem, a cultura, os materiais locais e a noção de bem-estar e de abrigo.

No desenvolvimento de um projeto, pensar nas condições locais e nas necessidades do usuário são princípios essenciais para promover o conforto térmico na construção civil, este processo traz benefícios tanto sociais quanto ambientais, pois o projetar busca maximizar os recursos minimizando os impactos.

Atualmente essa consciência mais sustentável tem permeado toda a cadeia produtiva da construção civil, seja na busca de novos conceitos de morar bem quanto na responsabilidade do impacto gerado no meio ocupado pela sociedade ou ainda nas consequências do uso indiscriminado dos recursos naturais.

## **2.5 Resistencia mecânica de compósitos cimentícios**

Segundo Gonçalves (2018), os compósitos são materiais heterogêneos que possuem duas fases, uma responsável por gerar resistência ao material e a outra chamada de matriz que corresponde a parcela que recebe esse esforço. Logo a constituição da matriz pode ser alterada com a incorporação de novos materiais, e Barbosa (2011) explica que um material compósito é um conjunto de dois ou mais materiais combinados que unidos apresentam propriedades físicas e mecânicas que nenhum dos componentes individualmente apresenta.

A resistência dos materiais é definida pelas relações entre as cargas externas aplicadas a um corpo deformável e a intensidade das forças internas atuantes no corpo. No concreto, a resistência está relacionada com a tensão máxima necessária para causar a ruptura ou o comprometimento do material por fissuras internas não visíveis. (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Na construção civil os compósitos mais empregados são aqueles à base de cimento utilizados sob a forma de concreto com adição de aglomerantes, agregados e água, o vasto uso deste material se deve as suas variadas propriedades que ao ser preparado apresenta consistência e trabalhabilidade podendo se adequar a diversos formatos e quando endurecido apresenta resistência mecânica e durabilidade que confere segurança estrutural às edificações (PINHEIRO, 2007).

Segundo Bauer (2008) um dos componentes do concreto é o cimento Portland que é um material obtido pela pulverização ou moagem de clínquer uma matéria prima granular formado pela calcificação de uma mistura de silicatos de cálcio hidráulico e sulfato de cálcio natural podendo ainda ter a adição de uma porcentagem de calcário.

De acordo com Neville e Brooks (2013) três quartos do concreto é preenchido por agregados que é um material granular, não inerte uma vez que suas propriedades físicas, químicas e térmicas podem interferir na resistência, estabilidade dimensional, e durabilidade do concreto ou composto cimentício.

Ainda quanto aos agregados Bauer (2008) e Fusco (2008) classificam os agregados quanto a origem, sendo naturais aqueles que podem ser usados na forma que são encontrados na natureza e artificiais quando necessitam passar por processo de usinagem podendo ainda serem classificados quanto a granulometria, agregados miúdos como exemplo as areias e agregados graúdos as britas e cascalhos.

Segundo Neville (2016), a resistência do concreto é inversamente proporcional à relação de água/cimento uma vez que aumenta a porosidade e promove o enfraquecimento da matriz, Mehta e Monteiro (2014) corroboram com esta afirmação quando afirmam que tanto a relação água/ cimento quanto a dimensão, forma e textura dos agregados influenciam no volume de vazios contidos no compósito alterando a porosidade do concreto limitando a sua resistência. Contudo Li (2011) afirma que agregados com granulometria bem definida, forma angular e superfície áspera resultam em maior resistência à compressão.

Conforme mencionado acima pelos autores a resistência e eficiência do material construtivo está intimamente relacionado a composição e características dos materiais usados, a forma como essas propriedades são modificadas depende do tipo de matriz cimentícia e das propriedades físicas e geométricas dos agregados.

De acordo com Soares (2015) materiais alternativos têm atraído a atenção do mercado, a reintrodução dos tijolos ecológicos, o uso de bambu e ainda de fibras vegetais estão se intensificando, pesquisas estão sendo conduzidas no mundo inteiro

para desenvolver materiais e comprovar o potencial da aplicação na construção civil das fibras vegetais tanto pela disponibilidade quanto pelo baixo custo, biodegradação e baixo consumo energético.

Gonsalves (2018) ao analisar novas tecnologias e o potencial de uso de fibras vegetais em compósitos concluiu que mesmo que existam algumas restrições ou limitações quanto ao uso isso não inviabiliza o uso destas e que o desenvolvimento de compósitos híbridos utilizando materiais orgânicos podem minimizar o uso de fibras sintéticas, reduzir tanto o peso quanto o custo dos materiais quando promover aspectos econômicos e sociais positivos.

## **2.6 Utilização de materiais renováveis em edificações**

A construção civil tem grande potencial para incorporar materiais renováveis, resíduos industriais e ainda materiais reciclados, podendo reduzir custos das obras tanto pela grande diversidade de matéria-prima quanto pela abundância de materiais diferenciáveis aplicados na construção transformando problemas em solução. Ademais o estudo e a valorização de materiais alternativos incorporados nas edificações contribui para a redução dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil (FILHO *et al.*, 2012).

A noção de construção sustentável deve permear todo o ciclo de vida do empreendimento, o Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação (CIB) define construção sustentável como “o processo Holístico para estabelecer e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construído e cria estabelecimentos que promovam a dignidade econômica (CIC, 2008).

O processo de obtenção dos recursos para a produção de bens de consumo geralmente gera resíduos que causam impactos ambientais quando não são absorvidos pelo meio ambiente. No entanto, a reciclagem de resíduos e subprodutos industriais incorporados tanto nos materiais quanto na construção civil apresenta-se como uma alternativa para a promoção de um desenvolvimento mais sustentável.

Quando se pensa num material sustentável, deve-se primeiramente atentar para a sua constituição. Para que seja sustentável é necessário que ele parta de materiais naturais ou reciclados, e, além disso, que se faça uso limitado de recursos não renováveis e que sejam de baixo impacto ambiental. As fibras naturais se colocam como um centro dessa atenção, visto que elas possuem baixa toxicidade e seu



processo de feitura, usualmente, coopera para a preservação do meio ambiente. Nesse sentido, materiais reciclados, com fibras plásticas reutilizadas, resíduos sintéticos são considerados alternativas sustentáveis, pois não só reduzem a produção de resíduos, como também diminuem o consumo de matérias-primas (ASDRUBALI; SCHIAVONI; HOROSHENKOV, 2012).

Com o aquecimento do setor da construção civil, as indústrias intensificam a sua produção necessitando cada vez mais de recursos naturais. Os tijolos são usados como principais materiais de parede fazendo com que uma enorme quantidade de terras agrícolas seja destruída a cada ano. Para proteger o meio ambiente ecológico e reduzir o consumo de energia muita atenção está sendo dada para desenvolver novas tecnologias. A demanda por materiais de construção verde está aumentando acentuadamente, especialmente materiais isolantes de recursos renováveis (WEI, 2014).

Corroborando com as reflexões de Zach (2013), pode-se afirmar que os materiais baseados em fibras naturais de recursos de matérias-primas renováveis estão, intensamente, se popularizando. Atributos como as boas condições de isolamento sonoro e térmico presentes nesses materiais de fibra natural se devem a baixa densidade de massa e estrutura celular. Essas propriedades da fibra natural mencionadas, conforme o contexto, são melhores e mais vantajosas que as de fibra sintética. Cabe ainda mencionar que entre as vantagens do isolamento térmico fundamentado no uso da fibra natural se sobrepõe a circunstância que ela é um material renovável que não ocasiona nenhuma pressão significativa ao meio ambiente.

No Brasil, são recentes os passos dados rumo a construções sustentáveis, porém consensual que o projeto e as construções de edificações sustentáveis exigirão dos profissionais e empresas uma organização que permita a realização dos projetos de forma integrada. O setor da construção vem sofrendo conflitos e adequações em todas as etapas do processo tanto no surgimento de novos materiais como na forma de utilização (SALGADO *et al.*, 2012).

Tecnologias inovadoras no setor da construção civil são fundamentais para diminuir o déficit habitacional brasileiro, entretanto no setor da construção civil a “tradição” consolida uma imagem de qualidade, robustez, durabilidade e economia. Portanto a inovação deve se sobressair à tradição com estudos que comprovem a eficiência da proposta e ainda que correspondam a cultura construtiva local,

respeitando as suas particularidades e limitações (FILHO, 2007).

Os impactos das edificações no ambiente e na saúde dos ocupantes passaram a ser questões prioritárias. Portanto, se intensificaram os estudos realizados sobre os bioagregados que, em sua maioria, são materiais de origem vegetal ou animal. Segundo Préneron *et al.* (2016) estes podem ser agrupados em oito categorias: palhas de cereais, agregados de madeira, fibras de palmeiras, fibras foliares, aquáticas, resíduos do agronegócio, lã de ovelha entre outras possibilidades não tão usuais. Em seu estudo o Autor concluiu que vários tipos de agregados são utilizados em proporções diferentes, porém, de maneira geral, quanto maior a quantidade de bioagregado menor a densidade e resistência do material construtivo. Em contrapartida, são muito eficientes no quesito conforto.

## **2.7 Histórico da exploração florestal no Brasil**

No período colonial, Portugal intensificou as navegações e a construção naval e a escassez de recursos despertou interesse nas florestas exuberantes do Brasil. Elas exerceram um papel muito importante pela oferta de grande quantidade em madeira. A exploração madeireira iniciou logo após o descobrimento do Brasil e a localização das florestas próximo ao litoral facilitou a extração e o comércio, impulsionando o surgimento de cidades e portos na costa brasileira, deixando os primeiros sinais do desmatamento (MORETTI, 2018).

A exploração florestal excessiva da espécie *Paubrasilia echinata*, (pau-brasil) provocou o desmatamento da região da Mata Atlântica nos anos seguintes a 1500. Para atender a demanda europeia por matéria-prima esse processo de ocupação do território brasileiro foi marcado pela degradação ambiental, principalmente, pela exploração madeireira que acabou se interiorizando no Brasil (SILVA; BORGES; SILVA, 2012).

Em 1813, a Coroa tentou, sem muito êxito, regulamentar o comércio de madeira e a extração abusiva do pau-brasil. Em 1811, o Jardim Botânico do Rio de Janeiro foi criado sendo considerado o início da administração florestal e a regulamentação de áreas protegidas no país; já em 1821, foi promulgada a legislação sobre o uso da terra e preservação de reservas florestais (KENGEN, 2001). Contudo só em 1826, José Bonifácio regulamentou a reposição florestal, pois o crescimento das cidades intensificava o desmatamento e a possível escassez de matéria-prima para o futuro

(CORREA, 2002).

No período de 1891, a Constituição não fazia nenhuma referência a exploração de árvores e os militares conduziram a implantação de políticas públicas no Brasil sem considerar políticas ambientais de preservação (FERREIRA; SALLES, 2016). Porém, na era Vargas com a revolução de 1930, vários códigos foram criados. Em destaque, o primeiro Código Florestal promulgado pelo então presidente Getúlio Vargas em 1934 (NORDER, 2017).

A Lei n. 4.771 de 1965, intitulada “Novo Código Florestal”, permitiu a intervenção do estado no uso das propriedades rurais, classificou áreas de preservação permanente de reserva legal e de uso indireto e definiu que as florestas fossem um bem de interesse da população. Além ela impôs limites de desmatamento de 50% para a região amazônica e 20% para os outros biomas do Brasil.

A década de 1970 foi marcada por Planos de Desenvolvimento que a maneira que evoluíam devastavam a Amazônia, e em 1973 foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente – SEMA com a proposta de gerir os recursos ambientais (KENGEN, 2001). Com a fiscalização do órgão ambiental, os proprietários de imóveis rurais passaram a ter que cumprir a lei que impunha a reposição florestal, e em 1987 um parecer técnico emitido pelo IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal permitiu que a Reposição Florestal Obrigatória poderia ser efetuada por meio de Planos de Manejo Florestal Sustentável (HOMMA, 2011).

Ferreira (2018) ao analisar a obra cinematográfica de Adrian Cowell descreve a década de 1980 na Amazônia como a “década da Destruição”. Os conflitos no Brasil e, principalmente na Amazônia, não se limitavam ao uso da terra, também eram conflitos trabalhistas pela água e pelo acesso aos recursos naturais. Cowell em 1990 elencou alguns desafios para Amazônia a partir da década de 1970, mencionando a Rodovia Transamazônica e o Programa de Integração Nacional, afirmando que se tratava de “terras sem homens para homens sem-terra” e assim era a colonização implementada pelo regime militar (FERREIRA, 2018).

Com a constituição Federal em 1988, as questões ambientais passaram a ser abordadas; em 1990 a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento ocorrida no Rio de Janeiro em 1992 (Rio 92) provocou o aperfeiçoamento da legislação ambiental no Brasil, esta sequência de fatos históricos moldou um novo cenário relacionado a exploração de recursos naturais na Amazônia que conduziu para mudanças significativas após a divulgação de dados estatísticos

referente ao aumento do desmatamento divulgados em 1996 pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). Este fato foi considerado um problema de política pública que acarretou o surgimento da Medida Provisória n. 1.511, que alterou o Código Florestal Brasileiro, aumentando para 80% o percentual de reserva legal nas propriedades rurais no bioma amazônico (MORETTI, 2018).

O Governo Estadual de Mato Grosso em 1999, com o objetivo de monitorar o cumprimento do Código Florestal, criou um sistema de monitoramento utilizando sensoriamento remoto e georreferenciamento das propriedades rurais, este sistema permitiu vincular os passivos ambientais aos proprietários da terra aplicando as penalidades previstas em lei.

Diante desta nova e dura realidade, a legislação ambiental surge nas discussões do Congresso Nacional em meados de 2011. Nessa ocasião o Deputado Federal Aldo Rebelo (PCdoB-SP) propôs grandes mudanças no cenário agroflorestal brasileiro. Apoiado pela bancada ruralista ele enfrentou a bancada ambientalista. Em 25 de maio de 2012 o Código Florestal de 1965 foi revogado pela Lei 12.651, que estabeleceu a “anistia”, ou seja, fim da obrigação de recuperação das áreas desmatadas antes de 22 de julho de 2008, normas para proteção da vegetação, áreas de preservação permanente, reserva legal, exploração florestal (CASTELO, 2015).

Atualmente, a madeira “legal” é oriunda do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) ou Plano de Exploração Florestal (PEF), e o transporte de produtos florestais é monitorado pelo Documento de Origem Florestal (DOF) emitido através do Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA) fiscalizado pelo órgão ambiental (SEMA, 2018).

O desmatamento nos Estados da Amazônia Legal apresentou um auge em 2004, diminuiu em 2016 e voltou a crescer em 2017, apresentando pequeno crescimento em 2018 (INPE, 2018). As políticas de combate ao desmatamento e a repressão aos crimes ambientais teve efeito positivo na primeira década de 2000, o aumento da fiscalização ambiental e as novas leis aprovadas pela União, Estados e Municípios cooperaram para a redução do desmatamento (CASTELO, 2015). Porém, o incentivo ao crescimento do agronegócio tem corroborado com a degradação ambiental e o aumento nos índices de desmate.

A Amazônia foi marcada por uma intervenção pública na qual o Estado exerceu o papel de motivador e até foi responsável pelo processo de formação da sociedade, com fortes incentivos de colonização marcadas pelo ideal “*integrar para não entregar*”.

Assim, a proteção do meio ambiente mesmo fazendo parte da Constituição desde 1988 passou a ser uma alternativa totalmente contraditória ao desenvolvimento. A SUDECO - Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste - incentivou, em 1967, o processo de ocupação da área amazônica gerando tensão entre o desenvolvimento local e a manutenção de floresta nativa (THUAULT, 2006).

A inauguração da BR163, em 1970, consolida a ocupação e intensifica a marcha da fronteira agropecuária sobre os remanescentes florestais (VILLARROEL, 2019). A marcha brasileira teve uma expansão linear ou em núcleos, sem formação de uma faixa contínua, destacando a agricultura itinerante como fenômeno permanente (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009).

A ampliação da ocupação humana da região amazônica foi motivada por vários fatores, entre os quais se destacam a migração de trabalhadores na busca por subsistência, baseada no extrativismo de produtos florestais, mineração e principalmente a ocupação de terras públicas por posseiros, pelas colonizadoras públicas e privadas que formaram as frentes de abertura e construções de novas estradas e cidades (NASCIMENTO; DRUMMOND, 2003; MELLO; THÉRY, 2003).

## **2.8 Mato Grosso Políticas públicas e Gestão ambiental**

Silgueiro *et al.* (2018), ao mapear a exploração florestal madeireira em MT entre 2013 e 2016, detectou a urgência de se trabalhar com mais transparência ao rastrear a origem da madeira comercializada, uma vez que o estado por meio da Estratégia Produzir, Conservar e Incluir (PCI) pretende dobrar a área de manejo florestal que atualmente corresponde 3 milhões de hectares até 2030. Em decorrência do cenário atual com uma política de incentivo a exploração florestal é válido fazer um resgate histórico sobre a gestão florestal no estado.

Thuault (2006) aponta um início da atuação do poder público na ocupação do estado com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) em 1967, seguida pela criação da BR-163 em 1970 que consolidou e intensificou a ocupação do estado. Desta forma, a imagem da política florestal foi permeada por um viés desenvolvimentista fomentado pela atividade agropecuária que perpetua até os dias de hoje.

Somente a partir do governo de Dante de Oliveira de 1995 a 2002 que o governo passou a implementar medidas mais preservacionistas e esta mudança foi

provocada por um incêndio em agosto de 1999 que causou muitos contratemplos políticos forçando o governador a pedir auxílio ao Governo Federal que exigiu uma gestão local quanto a fiscalização e autorização de queimadas em propriedades rurais no estado. Porém, só no ano de 2000 a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEMA) assumiu a responsabilidade de parte das atividades de gestão florestal em sua jurisdição (AZEVEDO, 2009).

As eleições de 2002 colocaram Blairo Maggi no poder de 2003 a 2007, conhecido como o “Rei da soja”, proprietário do Grupo Maggi um dos maiores produtores, transportadores e exportadores de soja do Brasil. O governador representante caricato do agronegócio deixou claro que não tinha preocupações com o desmatamento alegando que pretendia dobrar a produção de soja no MT tirando o máximo de proveito do teto de desmatamento de 20% (ROHTHER, 2003).

Porém, a posição adotada no início de seu mandato foi fortemente alterada por um escândalo político em 2005, denúncias de desvio de recursos e fraudes na concessão de licenças e de grilagem de terras no estado acarretaram o desmonte da FEMA- Fundação Estadual do Meio Ambiente, então responsável pela gestão ambiental do estado que posteriormente foi substituída pela criação da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA). Maggi passou a fazer um discurso mais ambientalista tentando desvincular seu governo dos escândalos de corrupção, uma vez que planejava pleitear uma reeleição em 2007. Reeleito, Maggi criou o Programa Mato-Grossense de Regularização Ambiental Rural – MT Legal, uma estratégia que melhorou a imagem do agronegócio estadual fomentando novos negócios vinculados à terra com pagamentos por serviços ambientais e recuperação de áreas degradadas (VILLARROEL, 2019).

Em 2009, o governo do estado implantou o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas de MT (PPCDQ-MT), com objetivo de promover a redução do desmatamento. Nos três anos seguintes às metas foram alcançadas e a taxa foi reduzida em 88%. Porém, em um estudo realizado no ano de 2012 mostrou que a ilegalidade continuou a prevalecer no desmatamento, assim a segunda meta do plano que era desmatamento zero nunca foi alcançada (ICV, 2011).

Em 2011, Silval Barbosa assume o governo com a renúncia de Blairo Maggi que decidiu concorrer às eleições para o Senado Federal. Silval, seguindo sua linha de governo, continuou a buscar formas de promover o desenvolvimento econômico do estado tentando desvincular a imagem do agronegócio à degradação ambiental e

em 2016 estabeleceu mais uma estratégia a PCI- Produzir, Conservar e Incluir que foi colocada como um modelo da imagem de política florestal do estado (PCI, 2019).

A Resolução n. 411/2009 (MMA, 2009) determinou os procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de coeficientes de rendimento volumétricos de madeira serrada. Há dez anos a legislação aplicou um coeficiente de rendimento de 45% para madeiras serradas, este índice foi questionado pelo setor e após sete anos foi alterado pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama n. 474/2016 que estabeleceu um índice de 35%, porém, em março de 2018 o mesmo conselho revogou a Resolução n. 474 por meio da Resolução n. 484/2018, definindo que o empreendimento pode determinar o coeficiente de rendimento volumétrico para espécies individuais ou grupos de espécies por meio de estudos técnicos realizados e apresentados ao órgão competente que fará a análise e aprovação provisoriamente. Portanto, no contexto atual, o governo permite que o empresário do setor madeireiro defina o aproveitamento da matéria-prima (madeira em tora) e gere um percentual de resíduos que pode variar de 75% a 50%. Esta decisão permite um controle mais transparente sobre o estoque de madeira no pátio da empresa, em contrapartida, pode contribuir para o aumento do passivo ambiental (resíduos madeireiros) depositados a céu aberto.

Ao aumentar a autonomia do empresário sobre a quantidade de resíduos gerados, o estado fica amparado na Lei n. 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ela determina uma série de diretrizes e metas de gerenciamento ambiental, deixando claro a responsabilidade do gerador que deve priorizar a não geração, redução, reutilização e tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequado aos rejeitos, porém, vale salientar que conforme apresentado no capítulo, culturalmente as questões ambientais neste estado foram sempre norteadas por um desenvolvimento econômico maquiado por uma responsabilidade ambiental.

## **2.9 Setor madeireiro na região norte do Mato Grosso**

O fortalecimento do setor madeireiro foi sem dúvida estimulado pela construção de estradas que possibilitou o acesso aos recursos florestais, ao baixo custo de

aquisição da madeira, uma vez que a extração era realizada com o objetivo de limpar a área para a agricultura, sem restrição ambiental e fundiária e principalmente pelo fim dos estoques madeireiros no sul do Brasil. Tudo isso foi potencializado pelo crescimento econômico do país que aumentou a demanda por madeiras (HOMMA, 2011).

O setor de base florestal em Mato Grosso gera cerca de 90 mil postos de trabalho, ocupando o primeiro lugar no segmento industrial de transformação e o quarto na economia do estado, em nível Nacional é um dos maiores fornecedores de madeira nativa do Brasil atendendo o mercado consumidor de MT em 32%, outros Estados 54% e exportação 14% (SILGUEIRO *et al.*, 2018).

O extrativismo da madeira é um dos principais fatores econômicos que movimentam a economia de vários municípios na região amazônica. O Estado de Mato Grosso, por sua vez, é um dos principais produtores de madeira de floresta nativa tanto para consumo interno, quanto para exportação. Assim, o setor movimenta a economia de mais de 40 municípios nesse estado (MACEDO; ANUNCIATO, 2013).

O potencial madeireiro dessa região gera benefícios socioeconômicos, e através de investimentos tecnológicos é possível ainda, ampliar o número de espécies potenciais para diversas finalidades comerciais. Porém, em virtude da deficiência tecnológica e do pouco conhecimento científico das espécies comercializadas, a indústria madeireira enfrenta baixo aproveitamento da matéria-prima, gerando assim, aumento no custo do produto final e uma grande geração de resíduos, e esses geram um passivo ambiental (ROCHA; TOSMASELLI, 2002).

De acordo com Pontes *et al.* (2012), a quantidade de resíduos florestais desperdiçados envolve toda a cadeia produtiva:

Desde a colheita até a obtenção do produto final, principalmente durante a extração das árvores uma vez que a maioria possui um elevado porte. Muitos estudos relacionados ao aproveitamento de resíduos têm como foco a utilização da madeira descartada durante o processo de desdobro, mas, ao acompanhar o processo de corte durante a colheita florestal, observa-se que o volume de madeira da copa das árvores que ficam em campo é significativo, conseqüentemente, isto pode proporcionar um novo processo produtivo.

Desta forma, alguns pontos são necessários para que as florestas naturais possam ser utilizadas em bases sustentáveis. Alguns fatores que devem ser considerados são: a suscetibilidade das espécies florestais, a exploração, a economicidade do manejo, maior eficiência no processo de beneficiamento,



aproveitamento da madeira, a racionalização das técnicas de exploração e transporte, dentre outros (SCOLFORO *et al.*, 1996).

Nesse contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias de reaproveitamento da madeira alinhado às alternativas sustentáveis torna-se um instrumento necessário para o setor madeireiro, de forma a aperfeiçoar, viabilizar e aproveitar os resíduos florestais, valorizando assim os seus subprodutos. Há a necessidade de que as atividades de sustentabilidade nas áreas de manejo florestal ofereçam produtos inovadores, a partir de um planejamento e avaliação potencial da utilização racional e eficiente dos recursos florestais (BRAZ *et al.*, 2014).

Já na indústria moveleira, o aproveitamento dos resíduos gerados pode ser feito através das seguintes alternativas: queima controlada, com o intuito de gerar energia elétrica e vapor; envolvimento de processos químicos de transformação dos resíduos em subprodutos, como por exemplo, compostos orgânicos para uso agrícola; a implementação de programas de gestão de resíduos dentro da própria indústria, entre outros (NAHUZ, 2005).

Sobre a exploração de madeira na Amazônia, são necessárias alternativas para o aproveitamento de seus resíduos, gerados no processamento pela indústria. O potencial de uso dessa enorme quantidade de resíduos vem sendo subestimado pela indústria madeireira regional (BARBOSA *et al.*, 2001).

Desse modo, levando-se em consideração os fatos supracitados, o uso de técnicas e ferramentas de reaproveitamento dos resíduos para a produção de novos materiais se torna cada vez mais necessário, com o escopo de diminuir o montante de resíduos descartados no ambiente.

## **2.10 A classificação dos resíduos**

Diante do desperdício da madeira, desde sua colheita até o processo final de industrialização, tornam-se necessárias pesquisas para ampliar o conhecimento das características destes resíduos, com foco no aumento da sua industrialização, e aproveitamento comercial, bem como oferecer vantagens econômicas com a confecção de subprodutos com preço competitivo, e possível geração de empregos com surgimento de atividades decorrentes da sua aplicação (SILVA *et al.*, 2003).

Apesar da importância econômica e social da indústria madeireira, ainda são poucos os estudos envolvendo sua cadeia produtiva na Amazônia, principalmente

com enfoque na gestão dos resíduos provenientes dessa produção (RAMOS *et al.*, 2017).

Os resíduos gerados pela indústria moveleira podem ser divididos em dois grupos de maior impacto: os resíduos sólidos e os resíduos líquidos. Dentre os resíduos sólidos têm-se os derivados direto da madeira, que são as aparas, os cepilhos e o pó da madeira, os demais são originados das embalagens da matéria-prima que podem ser os papéis, os plásticos, os metais, as latas de tinta e solvente, grampos e algumas fitas metálicas (LIMA, 2005).

As características dos resíduos gerados pela indústria moveleira estão diretamente relacionadas com o porte da empresa e matéria-prima utilizada (HILLIG; SCHNEIDER; PAVONI, 2009).

Outro tipo de resíduo sólido é o derivado da varrição da fábrica logo após o turno de serviço, e por possuir muitos resíduos misturados necessita de uma separação posterior. No grupo dos resíduos líquidos estão os solventes de tinta, borra de tinta e água utilizada na cabine de pintura. Outros resíduos gerados pela indústria moveleira são os gasosos, aqueles provenientes da incineração de resíduos de madeira e os provenientes do processo de lixamento (BRITO; CUNHA, 2009).

Na Amazônia Legal, devido à falta de investimentos em equipamentos mais modernos, em tecnologia, em capacitação e em matéria-prima de qualidade, o rendimento operacional (o qual é a relação entre o volume de madeira serrada que se obtém e o volume de toras que foram usadas para o processamento) é, em média, de 41% (SFB; IMAZON, 2010).

Com um rendimento operacional considerado baixo, os resíduos madeireiros se tornam um entrave para o desenvolvimento sustentável dessas indústrias e ainda causa inúmeros problemas socioambientais (RAMOS *et al.*, 2017).

Os resíduos madeireiros, grande quantidade armazenados de maneira incorreta conforme demonstrado na figura 2, provocam sérios riscos socioambientais, como a contaminação ambiental do ar, dos cursos d'água e do solo. São riscos à saúde pública e do trabalhador, além do desperdício de matéria-prima e energia (RIUL; RIBEIRO, 2012).

Figura 2 - Disposição dos resíduos madeireiros na região norte de MT



Fonte: Sindusmad (2021) adaptada pela Autora.

Destarte, faz-se necessário considerar que, o resíduo da madeira tem em sua composição a celulose, esta por sua vez é fonte de alimento para insetos xilófagos (cupins), e com isso esse resíduo funciona como atração e disseminação desses insetos, infestando a área, causando assim um problema para o setor que o descarta (LELIS, 2001).

## 2.11 Caracterização das espécies mais comercializadas no estado de MT

Ribeiro *et al.* (2016), ao estudar as espécies florestais comercializadas em 141 municípios do Estado de Mato Grosso no período de 2004 à 2010, identificou 411

espécies florestais, porém 88% da comercialização está concentrada na extração de dez espécies apenas, descritas a seguir em termos de volume em ordem decrescente: *Qualea sp.*, (Cambará), *Goupia Glabra* (Cupiúba), *Erisma Uncinatum* (Cedrinho), *Mezilaurus Itauba* (Itaúba), *Hymenolobium sp.* (Angelim), *Apuleia sp.* (Garapeira), *Manilkara sp.* (Maçaranduba), *Cordia Goeldiana* (Freijó), *Dipteryx sp.* (Cumbarú) e *Trattinickia sp.* (Amescla).

O fornecimento de madeiras em tora para o setor florestal no Mato Grosso é por meio dos planos de manejo florestal sustentáveis. Zaque *et al.* (2019) ao analisar os anos seguintes entre 2007 e 2014 encontrou liderando o ranking de comercialização o mesmo grupo de espécies, *Erisma Uncinatum*, *Goupia Glabra*, *Qualea Albiflora Warm.*, *Qualea Paraensis Ducke*, *Mezilaurus Itauba*, *Qualea sp.*, *Hymenolobium sp.*, *Apuleia sp.*, *Trattinnickia sp.* e *Vochysia sp.*, com 10,42 milhões de metros cúbicos industrializados no período avaliado.

Considerando estudos realizados pela Confederação Nacional da Indústria apresentados no relatório sobre a Cadeia Produtiva de Florestas Nativas em 2017 e o último relatório emitido pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente sobre Extração e Comércio de Toras de Madeira Nativa em 2011 é possível afirmar que o setor sofreu algumas mudanças em relação à fiscalização e controle, porém o comércio continua focado em um pequeno grupo de espécies florestais destinadas a produção de painéis e madeira serrada (CIN, 2017.)

No comércio de madeira serrada, é comum a identificação ser feita pela aparência visual desse material, e por seu nome vulgar. Esse modelo de identificação não é o mais adequado, pois induz a erros devido às semelhanças das características externas de algumas espécies ou um mesmo nome vulgar comum a várias espécies arbóreas. O estudo dos aspectos físicos e macroscópicos das madeiras torna-se necessário para uma identificação precisa, pois nesses aspectos é que se baseia a sua identificação (INDEA, 2011).

A seguir, se pretende descrever as características de cada espécie citada acima com o intuito de conhecer a aplicabilidade da madeira, as características tecnológicas, as propriedades físicas e anatômicas que condicionam o uso de cada madeira.

A *Goupia Glabra* (Cupiúba) é uma espécie de valor madeireiro, pois se trata de uma madeira com boas qualidades tecnológicas possuindo diversos usos na indústria com destaque para a construção civil. Ela também é conhecida pelo nome vulgar “peroba” apresentando um cerne castanho avermelhado, densidade média e um

cheiro perceptível e desagradável que inviabiliza o uso da madeira quando apresenta elevado teor de umidade (THOMAZ, 2019).

A espécie *Mezilaurus Itauba*, popularmente conhecida como Itaúba, é amplamente explorada nos planos de manejo florestal pelas características tecnológicas da madeira que apresenta um cerne amarelo-esverdeado com alta densidade. O nome “Itaúba” significa madeira de pedra; ela é preferida para construção de estruturas e embarcações na Amazônia, por causa de sua alta resistência ao ataque de organismos xilófagos (SILVA, 2019).

*Hymenolobium sp* pertencente à família das *Fabaceae*; com ocorrência em toda a Amazônia Brasileira, a espécie é vulgarmente conhecida por Angelim Pedra, sua densidade fica em torno de 0,65 g/cm<sup>3</sup> com cerne castanho rosado de aspecto fibroso, apresenta alta resistência mecânica e com esta característica é muito usada para construção de dormentes, estacas e na indústria moveleira (TELES; COSTA, 2014).

A madeira de *Trattinnickia sp* também conhecida como Amescla apresenta baixa resistência mecânica por ter baixa densidade, além de absorver facilmente a umidade do meio apresentando significativas variações dimensionais. Todas essas características somadas ao baixo valor de mercado condicionam o uso para fim que não exijam propriedades tecnológicas como madeiras para caixaria (FIGUEREDO, 2019).

*Vochysia sp (Cedrorana)*, com cerne castanho rosado e densidade média de 0,56g/cm<sup>3</sup> essa madeira se apresenta de fácil trabalhabilidade e comumente empregada na fabricação de móveis, compensados, embalagens leves, tábuas em geral e formas para concreto. A espécie é bem comercial, mas para fins não tão nobres, pois não apresenta bom acabamento em função de apresentar defeitos como superfície felpuda e fibras arrancadas (REMADE, 2019).

A *Manilkara sp* (Maçaranduba) possui alto valor de mercado devido sua densidade, dureza e resistência. A Maçaranduba é uma das espécies amazônicas mais exploradas e comercializadas por seus atributos estéticos. Com o seu cerne avermelhado, ela é muito utilizada na construção civil e na indústria de móveis. A densidade alta de 1 g/cm<sup>3</sup> confere a espécie alta resistência estrutural, porém de difícil trabalhabilidade não aceitando pregos (MAIA *et al.*, 2018).

A *Cordia Goeldiana* (Freijó) produz madeira de excelente qualidade, moderadamente pesada com densidade de 0,79 g/cm<sup>3</sup> de boa estabilidade dimensional sendo comumente comparada ao Mogno (*Swietenia Macrophylla King*).

*Ela* apresenta cerne marrom acinzentado, anéis de crescimento bem distintos de fácil serragem e acabamento, podendo apresentar defeitos de secagem como encaçamento e endurecimento superficial (NOBRE *et al.*, 2012).

As características da madeira de *Dipteryx sp* (Cumbarú) são capazes de impressionar por apresentar alta densidade de 0,95 g/cm<sup>3</sup>. Seu cerne é castanho escuro e altamente resistente a fungos apodrecedores e cupins, porém é de difícil trabalhabilidade, tanto para aplainar quanto pregar e parafusar. Por se tratar de uma madeira com propriedades físicas e mecânicas que lhe conferem alta resistência ela pode ser empregada em construção civil como vigas, caibros e peças estruturais (LIMA, 2012).

Ribeiro *et al.* (2016) realizaram este levantamento no período de 2004 a 2010, listando *Erismia Uncinatum*, *Qualea sp.* e *Goupia Glabra* como as espécies mais comercializadas, sendo que este fato pode estar relacionado às características tecnológicas da madeira e à disponibilidade de matéria-prima.

Considerando os relatórios disponíveis na página oficial da SEMA sobre Beneficiamento e Comércio de Produtos de Madeira, elaborado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT) e o Decreto n. 8.189, de 10 de outubro de (2006), que disciplina a emissão das Guias Florestais para transporte de produtos e subprodutos de origem florestal, é possível classificar e quantificar as madeiras processadas no estado estabelecendo um ranking por volume comercializado.

Segundo o catálogo de madeiras brasileiras para construção civil, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2019) do estado de São Paulo, as espécies citadas como as mais comercializadas são recomendadas para diversos fins, com destaque para construção civil.

Zaque (2018), ao estudar sobre as madeiras do Mato Grosso, sua identificação, comercialização e utilização, descreveu que a espécie *Erismia Uncinatum* (Cedrino) é uma madeira moderadamente pesada, massa específica 0,63 g/cm<sup>3</sup>, com cerne róseo-acastanhado, grã direita e textura grossa, pode ser utilizada na fabricação de vigas de madeira laminada colada e ainda na produção de móveis. Características semelhantes foram descritas para a *Qualea sp* (Cambará), madeira moderadamente pesada com massa específica de 0,73 g/cm<sup>3</sup>, cerne bege-rosado, grã revessa e textura média a grossa.

Já a *Erismia Uncinatum* (Cedrino), apresenta baixa durabilidade ao ataque de

organismos xilófagos, porém é uma madeira fácil de ser trabalhada, aplainada e serrada, sendo mais indicada na construção para uso interno, como fabricação de portas, forros e lambris (IPT, 2019).

A *Qualea sp* (Cambará) é amplamente utilizada na fabricação de compensados, caixotaria, e para uso interno na construção civil, como caibros, vigas, assoalhos, entre outros. A madeira de cambará apresenta baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos e resistência moderada ao ataque de cupins, com cerne bege claro levemente avermelhado é frequentemente empregada na construção civil para estruturas internas, batentes e janelas (GARCIA, 2013).

A *Apuleia sp* (Garapeira) é considerada uma espécie de densidade média alta com  $0,83 \text{ g/cm}^3$  a 15% de umidade, madeira de cor bege-amarelado variando a castanho-amarelado, dura ao corte, com grã revessa e textura média. Com a presença de sílica no lenho, o cerne apresenta resistência moderada ao ataque de fungos apodrecedores, em contato com o solo a madeira apresentou resistência a degradação durante 9 anos. Apresenta baixa permeabilidade às soluções preservantes quando submetidas a impregnação sob pressão. Na construção civil, a madeira dessa espécie tem sua serventia na feitura de vigas, caibros, estacas, portas venezianas, forros e rodapés (IPT, 2013).

Com base no levantamento de informações no banco de dados da SEMA/MT, as espécies *Qualea sp*, *Erismia Uncinatum* e *Apuleia sp* são amplamente exploradas liderando o ranking das mais comercializadas. Diante disso, é possível concluir que parte do volume de resíduo madeireiro gerado é oriundo do processamento dessas espécies. Sendo assim, o presente estudo é motivado tanto pela disponibilidade de material, quanto pelas características das madeiras que se apresentam bem diversificadas com presença de sílica, densidade média a alta e presença de colorações variadas.

A madeira é um material biológico, heterogêneo, higroscópico e muito variável em suas características e propriedades anatômicas. As diferenças entre as propriedades estão presentes tanto entre espécies quanto entre indivíduos de mesma espécie (BRURGER; RICHTER, 1991).

O lenho possui propriedades físicas e mecânicas que variam muito conforme as espécies. Essa variação é decorrente de características genéticas, mas também em função da direção anatômica considerada. As propriedades são dependentes da posição dentro do fuste, do teor de umidade, da idade da árvore e ainda dos tratos

silviculturais (VEIGA, 2014).

As propriedades mecânicas são dependentes em grande parte da densidade básica e do percentual de lenho juvenil, da espessura dos anéis de crescimento assim como dos ângulos das fibras e da inclinação da grã e ainda do teor de umidade da madeira (LOBÃO *et al.*, 2004).

Depois de analisar as propriedades organolépticas e as características tecnológicas das espécies florestais exploradas na região é possível perceber a nobreza deste recurso natural tanto pelas propriedades físicas e mecânicas do lenho quanto pela diversidade de material. São árvores nativas de crescimento lento, porte elevado, diâmetros e densidades variadas que impõe a indústria o desafio de aumentar o rendimento e a qualidade da madeira processada agregando valor ao recurso natural.

## **2.12 Serragem na fabricação de blocos de alvenaria**

### **2.12.1 Compósito Cimento-serragem como material construtivo**

No início do século XX, lã de madeira e Magnesita foram usadas para fazer painéis de baixa densidade e mais tarde a Magnesita foi substituída pelo cimento. Estes painéis foram utilizados, a princípio, para isolamento térmico e acústico, sendo ainda produzidos. Porém, com novos estudos ao final da década de 1960, painéis fabricados com partículas menores alcançaram alta densidade, desenvolvidos então com finalidades para aplicações estruturais (TITTELEIN *et al.*, 2012).

A produção do painel de cimento madeira demonstrados na figura 3 tradicionalmente é conduzida pelo método *Bison*, 1978. O processo consiste em compactar os materiais em uma prensa hidráulica com pratos durante a fase de pega do painel, que em sua maioria é composto por uma mistura de 65% de cimento, 28% de partículas de madeira e 10% de água (NCL INDUSTRIES, 2011 citado por CASTRO; PARCHEN; IWAKIRI, 2018, p. 135).



Figura 3 - Placas de cimento-madeira



Fonte: Portal da madeira (2020).

Mesquita Júnior (2018), relata que os painéis de cimento-serragem são fabricados a partir de partículas de madeira, um aglutinante mineral, água e aditivos químicos e possuem larga aceitação e utilização em mercados exigentes, como a Europa e a Ásia, porém, este tipo de material ainda não está inserido comercialmente no mercado brasileiro. Estudos comprovam que um dos problemas que interfere na produção de painéis de cimento-serragem é a composição química da madeira, que varia muito em função das espécies e das propriedades anatômicas do lenho, ou extrativos e açúcares presentes na madeira que são os principais responsáveis pela inibição da solidificação do cimento, ou ainda por retardar o tempo de pega do cimento (BERALDO *et al.*, 2002).

As reações químicas que ocorrem na hidratação do cimento entre aluminatos e silicatos são responsáveis pelo endurecimento do cimento, ao misturar água e madeira fragmentada, o grau de fixação do cimento após a mistura é alterado e o sucesso do processo depende da compatibilidade entre os componentes. Assim, características físicas da espécie de madeira, tais como tamanho de partículas são fatores de grande impacto no composto final (KRÜGER *et al.*, 2009).

O composto de madeira aglomerado com cimento tem vantagens como isolamento ao fogo, melhor resistência à imersão em água, é bastante resistente ao ataque de fungos e insetos e possui maior rigidez em relação a outros materiais de madeira convencionais. Quando comparado ao concreto, o composto se destaca pela possibilidade de reduzir o custo do material, por reutilizar resíduos de madeira melhorando o desempenho térmico de painéis de concreto e mantendo as qualidades mecânicas do material (FAN *et al.*, 2012).

Ezerskiy *et al.* (2018), ao estudar o uso de resíduos de placas madeira-cimento em um compósito de cimento, verificou que houve perda de resistência. Essa perda decorre da impossibilidade de criar uma estrutura densa e forte devido ao conteúdo do componente orgânico (pó de madeira). É inegável que a resistência do composto decresce com a inserção de fibras orgânicas, porém Wang *et al.* (2016) afirma que além dos benefícios ambientais, painéis de partículas de madeira com cimento apresentam vantagens na redução de ruídos e baixa condutividade térmica.

Ao aplicar pó de serra como enchimento de lajes pré-moldadas na construção civil Baritti *et al.* (2019) verificaram vantagens como maior conforto térmico, redução do custo e minimização dos impactos ambientais reutilizando um material que seria depositado no meio ambiente.

O Núcleo de tecnologia das Madeiras e Fibras do departamento de Desenho e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, coordenado pelo Dr. Sanatiel de Jesus Pereira desenvolveu uma tecnologia inovadora ao produzir blocos ecológicos a base de sobras da madeira de *Simaruba glauca*, que segundo o pesquisador a serragem desta espécie é ideal por apresentar compatibilidade com a água e o cimento na fabricação. Em escala laboratorial os blocos (figura 4), foram desenvolvidos e os testes demonstraram viabilidade, contudo o Núcleo de pesquisa busca aperfeiçoar o processo produtivo com máquinas mais eficientes a fim de garantir maior resistência e aperfeiçoamento dos blocos (FRANÇA, 2014).

Figura 4 - Blocos de cimento-madeira



Fonte: Anderson França (2014).

Análises são necessárias para avaliar custo-benefício desta tecnologia, Loan e Navard (2016) afirmam que existem muitos métodos para preparar o concreto e melhorar as propriedades físicas e mecânicas do agregado madeira-cimento, e o principal impulsionador desta tecnologia é o custo mesmo que o transporte seja um pouco complexo pelas características do material, a biomassa ainda é, em grande parte, gratuita.

### **2.12.2 Compósitos de Solo-serragem como material construtivo**

No período colonial brasileiro a técnica de construir muros e paredes, conhecida como alvenaria, utilizava o adobe (bloco de argila) e outros elementos construtivos para a estruturação da edificação. No final do período colonial, com o aprimoramento dos elementos construtivos, surge o tijolo de cerâmica que se consolidou com a industrialização e com o desenvolvimento urbano (REIS, 1973).

No final do século XX, o tijolo de cerâmica passou a ser responsabilizado por degradação ambiental, tanto pelo resíduo gerado pela construção civil quanto pela utilização extensiva de recursos naturais em sua fabricação. Desta forma, a indústria brasileira pressionada a caminhar para um desenvolvimento mais sustentável se comprometeu a reduzir o uso de matéria-prima e aumentar a reutilização e reciclagem de materiais. Abriu-se, assim, o mercado para a fabricação do tijolo ecológico que propõe reutilizar resíduos das construções e o próprio solo do terreno, sendo sua composição uma mistura de solo, cimento e água semelhante ao adobe, fabricado inicialmente no período colonial (GONÇALVES *et al.*, 2016).

Considerado uma inovação no campo de desenvolvimento de materiais de construção, os tijolos ecológicos visam a sustentabilidade e um cuidado com o meio ambiente. Nesse sentido, cabe elencar seus diferenciais como o baixo índice de poluição por não utilizarem argila pura e não serem submetidos a um processo de queima; adicionalmente, está o fato deles apresentarem maior resistência mecânica e terem maior isolamento acústico e térmico (MACHADO; ARAÚJO, 2014).

O solo-cimento é um material alternativo de baixo custo, obtido pela mistura de solo, cimento e um pouco de água conforme demonstrado na figura 5, inicialmente essa mistura parece uma “farofa” úmida que depois de compactada passa pela processo de cura adquirindo resistência e durabilidade suficiente para diversas aplicações (NASCIMENTO, 2011).

Figura 5 - Tijolo ecológico solo-cimento



Fonte: Eco Produção: Tijolo ecológico (2021).

Nas palavras de Carignani et al. (2014) é essencial para a promoção da sustentabilidade regional o uso de um material construtivo que se exima da queima de algum tipo de material para sua fabricação. Isso, por sua vez, colabora para diminuição da emissão de gases poluentes e se alia a proposta de reutilizar uma técnica construtiva milenar, pouco onerosa e que aproveita materiais recicláveis e reutilizáveis fornecidos pela natureza.

Ao fazer uma revisão de 50 estudos publicados sobre o uso de plantas e fibras em materiais de construção de terra, Préneron *et al.* (2016) pode concluir que com o aumento do conteúdo de agregados ou fibras em blocos de terra a densidade diminui, o isolamento acústico aumenta, e a condutividade térmica diminui uma vez que está diretamente ligada a densidade. Já a resistência à compressão depende das características do agregado ou fibra da planta, da geometria da partícula e da composição do solo, e essa propriedade física pode ser melhorada com adição de cimento ou outro aglutinante. E semelhante aos estudos relacionados a mistura de cimento com madeira poucas referências lidam com a durabilidade do material solo-serragem a campo.

Muitos Engenheiros Civis e Arquitetos e Urbanistas se mostram desacreditados quanto ao uso de tijolos compactos com agregados de matéria orgânica. Segundo Obonyo *et al.* (2010), a inclusão de fibras resulta em um aumento acentuado na erosão

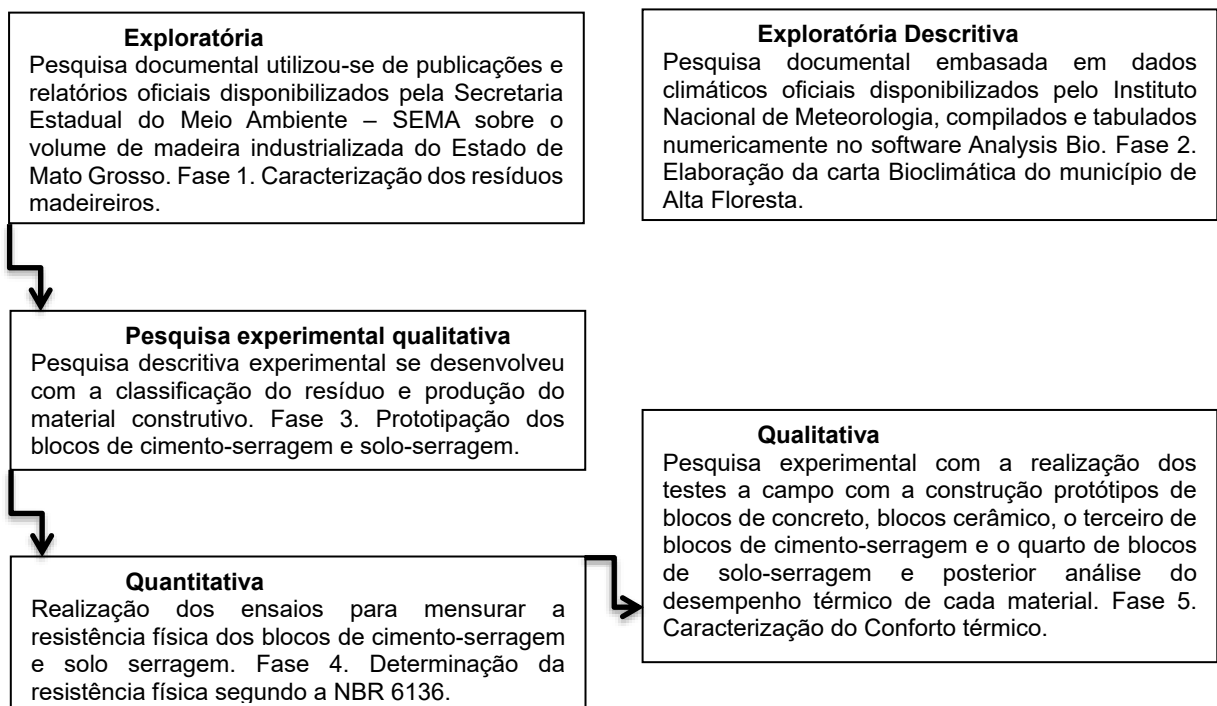
das paredes construídas com esse material. Em contrapartida, outras propriedades como resistência ao cisalhamento e rupturas são melhoradas. É relevante considerar que o impacto da água e os efeitos erosivos reduzem quando os tijolos são de solo-cimento e cal ou solo-cimento. Contudo, certamente o uso de materiais orgânicos como agregados é interessante por questões ambientais, uma vez que são essenciais descobertas que minimizem o processo erosivo e a baixa resistência.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Tipo de pesquisa

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho, visando atender ao objetivo desta pesquisa: desenvolver a Carta Bioclimática do município de Alta Floresta, seguido da seleção e quantificação dos resíduos madeireiros classificados como serragem, além da manufatura blocos de cimento-serragem e solo-cimento, e a avaliação das propriedades térmicas do material desenvolvido. Para tanto, foram desenvolvidas cinco etapas. Apresenta-se na Figura 6 o fluxo metodológico com a classificação da pesquisa seguida das etapas realizadas.

Figura 6 - Fluxo metodológico



Fonte: Da autora (2020).

Quanto ao objetivo, a pesquisa foi um estudo descritivo que utilizou como procedimento técnico o desenvolvimento experimental. Quanto ao método empregado, a pesquisa classifica-se como documental, descritiva e qualitativa (GIL, 2002).

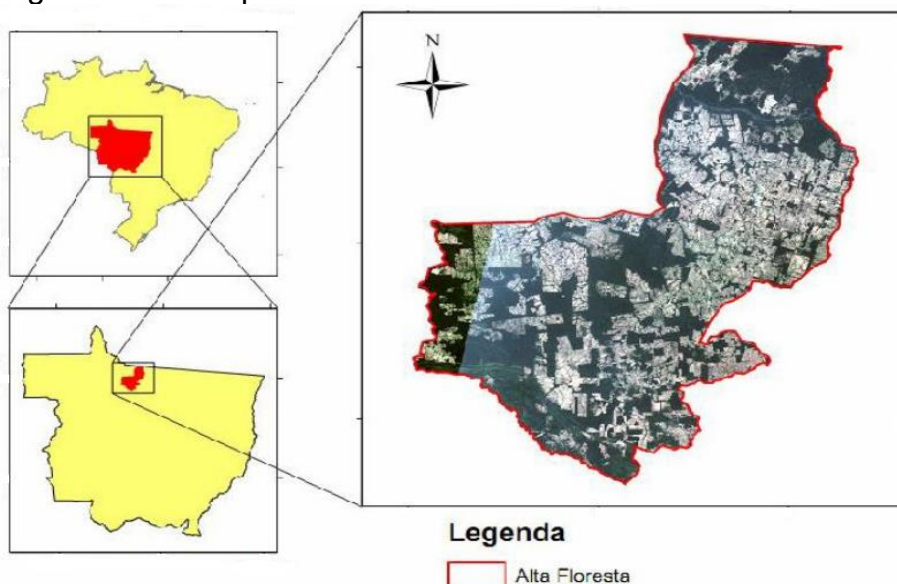
Na primeira etapa os resíduos foram classificados, na segunda, os blocos de cimento-serragem e solo-madeira manufacturados, e, posteriormente, testados quanto as propriedades físicas e mecânicas em laboratório. Por fim, na quinta fase, o material foi submetido a campo com a proposta de avaliar sua eficiência em relação ao conforto térmico.

### **3.2 Coleta dos dados**

No município de Alta Floresta é possível encontrar uma rica biodiversidade nas áreas florestais que sofrem pressões antrópicas relacionadas ao avanço e a intensificação das atividades econômicas como o agronegócio, a exploração madeireira e ainda a construção de usinas hidrelétricas. Possui uma população estimada em 49.164 habitantes, distribuídos em uma área territorial de 8.953,191km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

A região de Alta Floresta, conforme mostra a Figura 7, está localizada ao norte do estado de MT nas coordenadas Latitude: 9° 54' 0" Sul, Longitude: 55° 54' 0" Oeste, apresenta clima tropical quente e úmido, com temperaturas médias elevadas (23 e 26°C) durante o ano, com máximas diárias de 34 a 37°C. Não raramente, registram-se temperaturas próximas de 40°C (IBGE, 1988).

Figura 7 - Município de Alta Floresta



Fonte: Polachini *et al.* (2018).

O levantamento documental do setor madeireiro no município de Alta Floresta-MT realizado para classificar as espécies mais comercializadas, quantificar o volume de madeira serrada e mensurar o volume de resíduo gerado, baseando-se em dados da SEMA, disponibilizados nos relatórios de guias florestais.

A pesquisa aplicada de interesse prático, com a proposta de solucionar um problema, se fundamentou pelo desenvolvimento de uma pesquisa experimental ao ser criado um protótipo com diferentes metodologias embasadas em normas técnicas.

### 3.3 Aspectos técnicos

#### 3.3.1 Elaboração da Carta Bioclimática de Alta Floresta

Para contemplar o estudo e a composição de uma carta bioclimática para Alta Floresta – MT, essa investigação fez uso dos dados recolhidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na estação meteorológica do município situada no Aeroporto Municipal de Alta Floresta, precisamente, na latitude -9,875, longitude -56,086 e altitude 283m.

Os valores mensurados são tabulados em planilha eletrônica com o objetivo de determinar as médias diárias dos valores de pressão atmosférica, temperatura máxima e mínima, temperatura do ar e umidade relativa do ar diários, depois médias



anuais e por fim médias mensais pelo período analisado 2008 a 2018. A inserção das médias anuais e mensais no software Analysis Bio, fornece, como produto, o gráfico da carta bioclimática do município.

Os dados climatológicos para a elaboração da carta bioclimática foram coletados em uma estação instalada no Aeroporto de AF que fica a 2km da União das Faculdades de Alta Floresta – UNIFLOR, local onde os protótipos foram instalados conforme mostra a figura 8, para o desenvolvimento do estudo referente a avaliação do desempenho térmico.

Figura 8 -Localização da Estação meteorológica de Alta Floresta



Fonte: Imagem Google Earth Pro (2019).

Distribuídos numa planilha eletrônica, os referidos dados foram tabulados numa forma que possibilita ao leitor identificar, a priori, as médias dos valores de pressão atmosférica, a temperatura máxima e mínima, a temperatura do ar e a umidade relativa do ar diária. Em seguida, se encontram a média anual e as médias mensais correspondentes ao período analisado (2008 a 2018), assim como se apresenta na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados climáticos: médias mensais do período de 2008-2018

Mês/ano	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura do ar (°c)	Umidade relativa do ar (%)	Pressão atmosférica (hpa)
Janeiro	26,1	24,7	25,2	84,2	888,6
Fevereiro	25,9	24,7	25,2	84,2	977,5
Março	25,6	24,4	25,0	86,5	977,8
Abril	25,9	24,7	25,3	85,1	978,0
<b>Mai</b>	<b>25,7</b>	<b>24,3</b>	<b>25</b>	<b>82,3</b>	<b>979,0</b>
Junho	25,2	23,6	24,4	75,6	980,1
Julho	25,1	23,3	24,3	65,7	980,4
Agosto	27,2	25,1	26,3	60,4	979,2
Setembro	27,3	25,7	26,6	69,8	978,3
<b>Outubro</b>	<b>26,7</b>	<b>25,3</b>	<b>26</b>	<b>79,1</b>	<b>977,2</b>
<b>Novembro</b>	<b>26,2</b>	<b>25</b>	<b>25,6</b>	<b>83,1</b>	<b>976,4</b>
Dezembro	25,7	24,6	25,1	84,9	977,0

Fonte: Da autora (2020).

### 3.3.2 Caracterização e Mensuração do Resíduo Madeireiro

Com o levantamento bibliográfico realizado junto ao Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA) e ao Cadastro de Consumidores de Produtos Florestais (CCSEMA), é possível quantificar o volume de madeira industrializada no município, assim como identificar as espécies mais exploradas.

Esses dados nortearam a pesquisa, visto que é possível mensurar o volume de resíduo gerado pelo setor madeireiro, já que o órgão ambiental ao fiscalizar o processo estipula um rendimento médio de 35% na conversão da madeira em tora em madeira serrada, sendo assim gerados em média 65% de resíduo. Embora esse valor corresponda a todo o volume de resíduo gerado, ou seja, pedaços de madeira, maravalha, aparas, costaneira e pó de serra, que não são úteis para a finalidade deste projeto, esses dados mencionados permitem uma estimativa do volume específico de pó de serra por meio dos coeficientes de rendimento e do balanço de materiais realizados pelo CCSEMA.

A classificação dos resíduos está baseada na Instrução Normativa nº 13 (IBAMA, 2012), que classifica tanto a origem, quanto o tipo de atividade realizada, os

produtos e volumes gerados.

Semelhante ao estudo realizado por Cordeiro; Nolasco (2018), para a quantificação do resíduo foram considerados os volumes de entrada e saída de madeira em tora e serrada, datados em um intervalo de 5 anos no sistema SISFLORA, e com base nessa informação estimou-se o volume de resíduo gerado de forma indireta, por meio do balanço de materiais de acordo com a equação 1.

A partir desses dados foi possível estimar o rendimento e a geração de resíduos com a equação 2, e o volume de resíduo gerado com a equação 3, onde o R (%) é o rendimento do desdobro, VT (m<sup>3</sup>) o volume de tora in natura, VS (m<sup>3</sup>) volume de madeira serrada, RRes (%) o rendimento da geração de resíduos, e VR (m<sup>3</sup>) o volume de resíduo produzido por espécie, daquelas que apresentaram o maior índice de exploração no estado.

$$R(\%) = 100X \frac{VT(m^3)}{VS(m^3)} \quad (1)$$

$$RRes = 1 - R(\%) \quad (2)$$

$$VR(m^3) = VT(m^3)X RRes(\%) \quad (3)$$

A estimativa do resíduo grosso e fino gerado é orientado pela Instrução Normativa nº IN21 (IBAMA, 2012), que define ao processar madeira do resíduo gerado e pó de serra. Esse último também classificado como resíduo fino segundo a equação 4. Assim, também pode ser determinado o volume de resíduo grosso pela equação 5, na qual o VRF (m<sup>3</sup>) representa o volume de resíduo fino e VRG o volume de resíduo grosso.

$$VRF(m^3) = VR(m^3)X0,1 \quad (4)$$

$$VRG(m^3) = VR(m^3) - VRF(m^3) \quad (5)$$

Uma vez conhecido os volumes de madeira em tora comercializados no estado e o volume de madeira serrada é possível classificar e quantificar cada tipo de material descartado. Conforme já mencionado, o rendimento pode variar em função das

características tecnológicas da madeira de cada espécie, porém, partimos do princípio que a legislação vigente permite realizarmos uma média desconsiderando a variação entre as espécies. E, por conseguinte, com os cálculos é possível mensurar o volume de pó de serra gerado no setor madeireiro no município de Alta Floresta.

### **3.3.3 Manufatura do bloco de cimento-serragem**

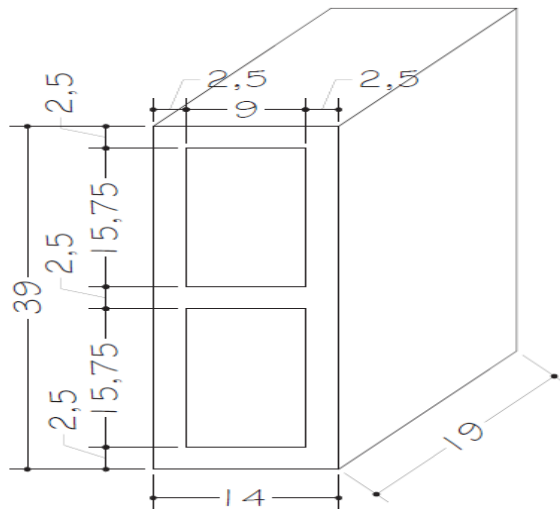
Para esta etapa do experimento construíram-se corpos de provas misturando cimento-serragem e cimento-solo- serragem, com resíduos das três espécies mais exploradas, avaliando as melhores propriedades de pega, de cura e de resistência. Segundo Mendes *et al.* (2011), a aplicação do pré-tratamento é necessária com o intuito de remover os extrativos existentes na madeira. Esse procedimento consiste na imersão do pó de serra em água por 24h, com posterior secagem ao ar livre há aproximadamente 15% de umidade. Esse método promove o aumento das propriedades mecânicas do composto melhorando o potencial de aderência.

Para a formação dos blocos, tomou-se como referencia a metodologia utilizada por Souza (1994), em relação à proporção dos componentes (madeira, cimento, água e aditivo), que considerou as seguintes relações de madeira: cimento de 1:2,5; fator água: cimento 0,25.

Segundo Fan *et al.* (2012), os extrativos e o teor de açúcar variam entre as espécies, e alguns compostos podem inibir a hidratação do cimento em um compósito de cimento-madeira. Portanto, antes de dar início a produção dos blocos um pré-teste foi realizado com o objetivo de verificar a eficiência do pré-tratamento permitindo a avaliação das proporções do pó de serra, água, cimento e solo; ajustando assim o traço em busca de maiores propriedades de pega e resistência mecânica.

A fabricação dos blocos piloto foi realizada no laboratório de forma manual, porém após a avaliação do desempenho e o ajuste do melhor traço e teor de umidade da serragem deu-se início a produção em maior escala para melhor avaliação da resistência mecânica e também para a construção dos protótipos.

Figura 9 - Dimensões do bloco cimento-madeira e solo-cimento



Fonte: Da autora (2020).

Seguindo a normatização, os blocos devem ser submetidos a um processo que assegure a obtenção de um composto homogêneo e compacto. Portanto, para a fabricação dos blocos o apoio de um dos parceiros da UNIFLOR, a Daparé - Materiais para Construção e Concreteira, foi primordial; seguiu-se as especificações técnicas normativas referente a tolerância de dimensões e resistência à compressão estabelecidas na NBR 6136 (ABNT, 2014). As dimensões dos blocos foram de 0,14 x 0,19 x 0,39 cm (largura, altura, comprimento), além do traço 1:4 (cimento: agregados) utilizado pela empresa.

Para a realização deste estudo seguiu-se o traço 1:4, que utilizou 75 kg de cimento CP II 32 F, 55 kg de areia, 121 kg de pó de brita, 59kg de brita zero, 10kg de serragem da espécie selecionada, 200ml de aditivo plastificante e 26 litros de água conforme demonstrado na figura 10. Produziram-se seis séries de 20 blocos com resíduo de cada espécie tratada e sem tratamento para a realização dos testes de resistência com 7, 14, 21 e 28 dias, respectivamente.

Figura 10 - Produção do Blocos Cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

Os blocos foram construídos em um equipamento hidráulico, por meio de vibrocompactação e extrusão imediata, da mistura homogênea de cimento, areia, pó de pedra, pedrisco, aditivo e pó de serra nas dimensões de 0,14 x 0,19 x 0,39 cm (largura, altura, comprimento) estabelecidas na NBR 6136 (NBR-6136, 2016).

Depois que foi misturado por completo, a vibro-prensa semiautomática foi ativada e começou o processo de produção dos blocos. É aberto o compartimento da betoneira para derramar o concreto na esteira e assim transferir o concreto até a caixa de armazenamento da vibro prensa. Logo após, vai-se liberando a massa para o preenchimento dos moldes metálicos e, em seguida, ser prensado e vibrado até atingir a altura desejada do bloco. A própria máquina faz a desforma dos blocos ainda frescos em cima de uma placa de compensado de madeira conforme a figura 11. Dessa placa os blocos seguem por uma esteira até serem retirados por um carrinho e depositados para secagem à sombra de uma lona.

Figura 11 - Fabricação dos Blocos Cimento-serragem na vibro-prensa



Fonte: Da autora (2021).

### 3.3.4 Manufatura do bloco de e solo-serragem

A feitura do tijolo ecológico é organizada em várias etapas. Antes de tudo, se é imprescindível selecionar os materiais e misturá-los de maneira adequada. Nessa fase do trabalho, é importante observar a qualidade dos materiais, a natureza e característica do solo, a dosagem do cimento, o teor de umidade e o nível de compactação dos materiais. Estar atento a esses aspectos garantirá a qualidade da produção, assim como elucida Almeida (2020).

No que se refere a produção dos tijolos de solo-cimento para essa pesquisa, cabe mencionar que eles foram feitos no espaço concedido pela empresa Petrica Tijolos Ecológicos e Imobiliária, situada no município de Nova Canaã do Norte – MT. O referido estabelecimento possui experiência de 15 anos atuando no ramo imobiliário com a construção de casas de tijolos ecológicos. De maneira similar a feitura dos blocos de concreto, para esse trabalho decidiu-se produzir tijolos de solo-cimento numa empresa conhecida na região por sua credibilidade e qualidade nos produtos oferecidos. Por conseguinte, optou-se, no decorrer dessa investigação, em seguir a metodologia de produção posta em prática pela mencionada empresa. Para tanto, realizou-se apenas o acréscimo do aditivo serragem ao processo e análise da interferência nas propriedades físicas do material.

Para tanto, se fez uso dos respectivos equipamentos: prensa hidráulica

automática 12 toneladas, triturador de solo e peneira. Paralelamente, para o preparo do material, adotou-se a orientação do fabricante, ou seja, o emprego do traço de 1:8:2,5, considerando que para cada batelada agregou-se 7 padiolas de cimento, 56 padiolas de argila, 16 padiolas de serragem e, por fim, 15 litros de água.

Vale ressaltar ao leitor, que o solo empregado na produção desses tijolos é proveniente do município de Nova Canaã do Norte – MT. O procedimento adotado foi de peneirá-lo e, em seguida, misturá-lo aos demais componentes de forma manual até atingir a homogeneidade desejada. Na produção dos tijolos solo-cimento com inclusão de serragem (das três espécies estudadas) agregou-se 20% de serragem com e sem o pré-tratamento de imersão., figura 12.

Figura 12 - Produção dos tijolos solo-cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

Para a feitura dos tijolos empregou-se a prensa hidráulica ALROMA 4.0. Ela possui uma caixa carregadora, uma caixa molde com matriz aquecida e uma parte móvel que efetua a compactação de 12 toneladas assim como está ilustrado na Figura 13.

No momento em que a mistura se encontra disposta na matriz se inicia o processo de moldagem do tijolo. A parte móvel da prensa põe em prática o procedimento de compactação, o que acaba imprimindo o tijolo solo-cimento em seu estado final de 12,5 x 25cm com espessura de 9cm.



Figura 13 - Fabricação do tijolo-solo-cimento serragem prensa hidráulica



Fonte: Da autora (2021).

Terminado o processo de feitura dos tijolos, se faz necessário submetê-los ao período de cura. Esse descanso garantirá a reatividade do cimento e a máxima obtenção de resistência mecânica. Isso após 28 dias, assim como se recomenda na normativa NBR 8492 (ABNT, 2012).

Figura 14 - Tijolos solo-cimento-serragem em processo de cura



Fonte: Da autora (2021).

### 3.3.5 Avaliação da resistência à compressão

Semelhante a metodologia utilizada por Costa *et al.*, (2017), após a elaboração dos blocos executados a partir da composição do resíduo madeireiro com cimento e com solo, é imprescindível avaliar se os mesmos atendem às especificações técnicas normativas estabelecidas quanto a tolerância de dimensões e resistência à compressão do produto pré-estabelecido na NBR 6136 (ABNT, 2014). Isso, referente a blocos vazados de concreto para alvenaria.

De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2014), os blocos de Classe D, sem função estrutural, são produzidos para uso em elementos de alvenaria. Para cada teste de compressão vinte corpos de prova foram avaliados, sendo cinco peças de cimento e serragem para cada espécie e, igualmente, cinco de solo e serragem para cada uma delas, além das peças testemunhas. Ao final, o total de vinte peças foi submetida ao teste de resistência respeitando os intervalos de cura de 7, 14, 21, 28.

O ensaio de resistência realizado em uma prensa hidráulica onde cinco corpos de prova, de cada composto, avaliados e calculados conforme a equação (1) estipulada pela ABNT, os testes de resistência feitos nos 5 blocos produzidos para cada espécie respeitando o intervalo de cura de cada grupo, e os resultados tabulados em planilhas eletrônicas para determinar os valores médios.

$$fbk, est = 2 \frac{fb1+fb2+\dots+fbm-1}{m-1!} - fbm \quad (1)$$

Onde:

- a)  $fbk, est$  = Resistência à compressão característica estimada do lote.
- b)  $Fb1 + fb2 + \dots + fbm - 1$  = Valores de resistência à compressão dos blocos da amostra, ordenados crescentemente, isto é,  $fb1$  é o menor valor obtido, e o  $fbm-1$  é o maior valor obtido.

O valor de  $m$  é obtido de acordo com a equação 2, se  $n$  for par ou conforme a equação 3, no caso de  $n$  ser ímpar. Sendo o  $n$  o número de blocos da amostra.

$$m = \frac{n}{2} \quad (2)$$

$$m = \frac{(n+1)}{2} \quad (3)$$

O ensaio de compressão foi realizado em laboratório, nos dias 09/09, 16/09, 23/09 e 30/11 de 2021, gerando resultados com 7, 14, 21 e 28 dias de cura. Executou-se o ensaio de 5 amostras de cada traço, ou seja, de cada espécie madeireira estudada obtendo a média final, os corpos de prova foram identificados e selecionados livres de trincas, cantos quebrados ou qualquer defeito visível. O ensaio de resistência à compressão descrito na NBR 12118 (ABNT (2011)) foi realizado em uma prensa com capacidade para 100 ou 200 toneladas.

Figura 15 - Testes de resistência a compressão



Fonte: Da autora (2021).

Os blocos tiveram sua resistência calculada de forma individual em N, pela área, em mm<sup>2</sup>. Logo após foi calculada a resistência média por meio da soma dos valores encontrados individualmente dividido pelo número de corpos de prova.

Guiado pela NBR 8492 (2012), aplicou-se o ensaio de resistência à compressão nos tijolos de solo-cimento. Para tanto, os corpos de prova foram preparados, primeiramente, cortados na metade e perpendicularmente à sua maior dimensão. Logo após, cada parte do tijolo dividido foi sobreposta e centralizada sobre

o prato inferior da prensa hidráulica, onde se aplica a carga de forma uniforme até o momento da ruptura do material.

Por conseguinte, aumentou-se a carga empregada (Kgf) na compressão até alcançar a ruptura do corpo de prova. A tensão de ruptura é obtida por meio da equação 4:

$$t = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Onde:

t= tensão de ruptura (KN/mm<sup>2</sup>);

F = carga da ruptura ( KN);

A = área da secção transversal do corpo de prova ( mm<sup>2</sup>)

Desse modo, determinou-se a resistência média pela média aritmética das repetições do procedimento de compressão realizado em 5 amostras de tijolos feitos com as três espécies de madeira analisadas. Os ensaios foram efetuados nos dias 09/09, 16/09, 23/09 e 30/10 de 2021, gerando resultados com 7, 14, 21 e 28 dias de cura.

Figura 16 -Teste de Resistencia nos Tijolos solo-cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

### 3.3.6 Teste de absorção de água

Previsto na NBR-6136 (2016), o teste de absorção de água tem por finalidade relacionar a porosidade da peça e a sua capacidade de reter líquido na sua parte interna. Para esse estudo, o ensaio foi efetuado em laboratório. O corpo de prova foi submetido à secagem em estufa no período de 24h. Logo após a peça esfriar, obteve-se a massa seca ( $M_{sec}$ ) do bloco por meio da pesagem. Em seguida, o bloco foi submerso em água por aproximadamente 24h e, num tempo posterior, conseguiu-se como resultado a massa da peça em estado saturado ( $M_{sat}$ ).

Equação que representa o grau de absorção de água em porcentagem:

$$\text{Absorção} = (M_{sat} - M_{sec}) / M_{sec} \times 100$$

Figura 17 - Teste de absorção umidade dos blocos e tijolos



Fonte: Da autora (2021).

### 3.3.7 Construção dos protótipos

Para a realização dos testes a campo em busca do último objetivo deste estudo, realizou-se a construção de protótipos na unidade experimental da União das Faculdades de Alta Floresta (UNIFLOR). Os domínios dessa instituição estão situados nas coordenadas latitude 9°51'59.09"S e longitude 56°05'14.16"O, em uma área de 1000m<sup>2</sup> plana e livre de qualquer interferência de sombreamento conforme mostra a Figura 18.

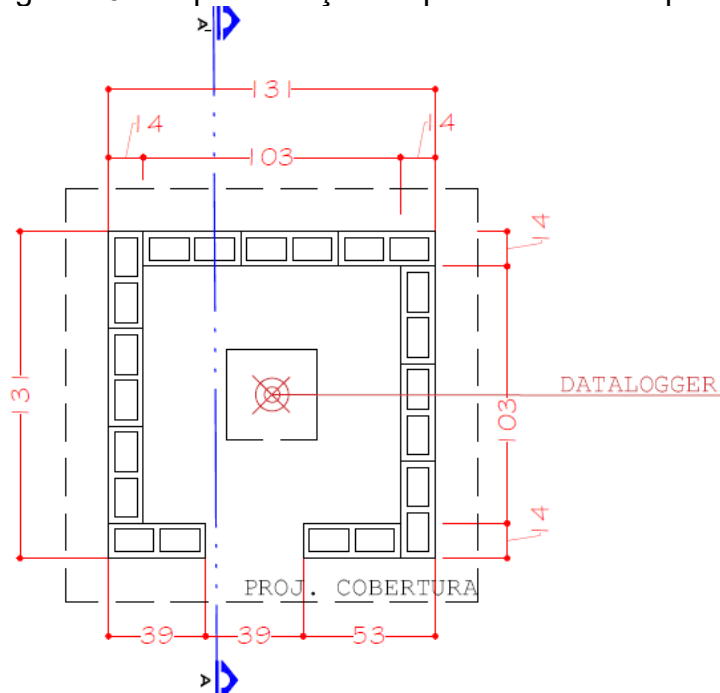
Figura 18 -Local de instalação dos protótipos



Fonte: Imagem Google Earth Pro (2019).

Quatro unidades de 1,06m<sup>2</sup> foram instalados, sendo dois testemunhas e dois experimentais. O primeiro construído de blocos de concreto, o segundo de blocos solo-cimento, o terceiro de blocos de cimento-serragem e o quarto de tijolos de solo-serragem. Todos com a mesma dimensão de 1,31 x 1,31cm e altura de 95cm, conforme mostra a Figura 19. A medida estabelecida se deu em função do melhor aproveitamento dos blocos, visando a otimização dos recursos.

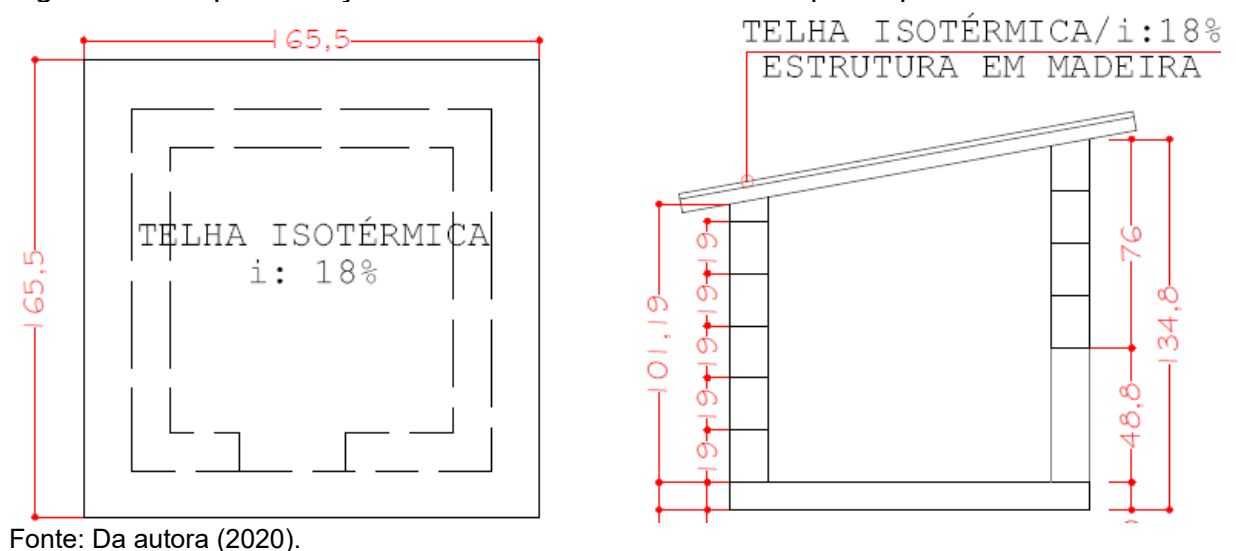
Figura 19 - Representação da planta baixa dos protótipos



Fonte: Da autora (2020).

Os protótipos são cobertos com telhas *Eternit* com uma inclinação de 18%, conforme a figura 20; no seu interior foram instalados equipamentos para a aferição da temperatura e umidade relativa.

Figura 20 - Representação da cobertura e corte AA' dos protótipos



Fonte: Da autora (2020).

Com objetivo de avaliar o comportamento térmico dos materiais procedeu-se a construção dos protótipos.

Figura 21 - Construção dos protótipos



Fonte: Da autora (2021).

### 3.3.8 Avaliação do desempenho térmico

A legislação brasileira apresenta duas normas relacionadas ao desempenho térmico de edificações, a NBR15220 (ABNT, 2005) - Desempenho térmico de edificações e a NBR15575 (ABNT, 2013), – Edificações habitacionais: Desempenho, que apresenta recomendações para os elementos da envoltória da edificação, como a transmitância térmica ( $U$ ) mínima de coberturas e paredes externas para cada zona



bioclimática do território brasileiro, conectadas às estratégias para a obtenção de conforto térmico (SPINELLI; CAMBEIO; KONRAD. 2018).

Com os blocos de fibras mineralizadas construído realizou-se testes a campo, para verificar a eficiência deste material em relação ao conforto térmico. Para esta etapa foi necessário elaborar a carta Bioclimática da região norte de Mato Grosso e a construção dos protótipos.

Spinelli, Cambeio e Konrad (2018), avaliando a influência da utilização de isolamento térmico no sistema Etics para a obtenção de conforto térmico em ambiente na cidade de Lajeado – RS, desenvolveram protótipos construídos de blocos cerâmicos maciços sem reboco e revestidos com o material avaliado. A presente pesquisa aplicou metodologia semelhante, porém, sem o revestimento e somente com o material construtivo a ser testado.

Foi desenvolvido a construção de quatro protótipos de 0,76m<sup>2</sup> com cobertura telhas *Eternit*, um somente de blocos de concreto, o outro somente de tijolo solo-cimento. Estes serviram de testemunha e os outros dois protótipos construídos com o material alternativo, um com blocos de cimento-serragem e o outro com blocos de solo-serragem.

Para análise do desempenho dos protótipos foram coletados dados referentes à temperatura no período do ano que acontece a transição da estação de seca para o período chuvoso.

As informações referentes às variações de temperatura e umidade foram coletadas pelo Datalogger modelo HT-900 (termo higrômetro) fabricado pela Instrutherm Figura 22. Trata-se de um instrumento eletrônico que registra dados em intervalo de tempo preestabelecido.

Para a realização do estudo, optou-se por efetuar a coleta de dados no mês de outubro pois é o período de transição da estação seca e chuvosa apresentando, portanto, uma maior variação de temperatura e umidade relativa.

Figura 22 - Datalogger HT900 Instrutherm (termo higrômetro no protótipo)



Fonte: Instrutherm.

Para a mensuração dos dados instalou-se um Datalogger internamente, um em cada protótipo, e após uma semana de coleta de dados os relatórios de temperatura e umidade relativa foram gerados pelo software que acompanha o equipamento. Os resultados foram avaliados e tabulados, e por meio desta metodologia foi possível analisar o desempenho dos materiais dos quatro protótipos.

Para a avaliação do comportamento térmico considera-se a transmitância, resistência, atraso térmico, materiais construtivos e ainda as dimensões dos blocos e dos tijolos conforme os parâmetros estabelecidos pela NBR15220. A análise dos resultados permitiu avaliar qual material construtivo apresenta melhor desempenho térmico para a referida zona bioclimática.

Segundo a NBR15220 (ABNT, 2005a) a transmitância térmica é determinada pela resistência total do elemento, considerando a espessura da camada e o coeficiente de condutividade térmica do material além de determinar o atraso térmico do material pela relação entre a resistência térmica de superfície e a superfície do componente. Contudo este estudo adotou o uso de um equipamento eletrônico que mede a umidade e temperatura com intervalos pré-estabelecidos, ao programar o equipamento para realização da coleta de dados foi determinado registros a cada 60 minutos, das temperaturas internas e externas e ainda da umidade relativa do ambiente.

A configuração permitiu estabelecer zonas de limites de temperatura entre 18°C e 29°C e umidade relativa entre 20% e 80%, sendo considerado como zona de conforto térmico, contudo foi registrado todas as temperaturas num intervalo de 07 dias.

Com esta avaliação foi possível determinar qual material construtivo apresentou melhor desempenho térmico no município de Alta Floresta, atestando o potencial de uso dos materiais construtivos não só relacionado a resistência mecânica, mas também ao conforto térmico.

Ao término dos procedimentos metodológicos o estudo permitiu avaliar o desenvolvimento de dois materiais construtivos a base de pó de serra, cimento e solo, comprovando não só a resistência mecânica dos materiais estudados como ainda o desempenho térmico. Os resultados desta pesquisa propõem alternativas mais sustentáveis para o desenvolvimento do setor da construção civil na região amazônica, uma vez que se utiliza de resíduos madeireiros que em grande parte estão armazenados de forma inadequada degradando o meio ambiente.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo serão apresentados os resultados da elaboração da Carta Bioclimática do município de Alta Floresta – MT; a caracterização do resíduo madeireiro amazônico; a avaliação da resistência mecânica dos blocos de cimento-serragem e dos tijolos solo-cimento-serragem e ainda a avaliação do desempenho térmico dos protótipos construídos com resíduo madeireiro (serragem) incorporado.

### **4.1 Carta Bioclimática do município de Alta Floresta/MT**

A análise do clima por meio da avaliação das temperaturas e umidades relativa do município de Alta Floresta - MT permitiu a elaboração da Carta Bioclimática. Ela é um importante instrumento para a busca de soluções e estratégias a serem pensadas e desenvolvidas nos projetos arquitetônicos a fim de proporcionar mais conforto térmico e sustentabilidade na construção civil.

#### **4.1.1 Variações de Temperatura**

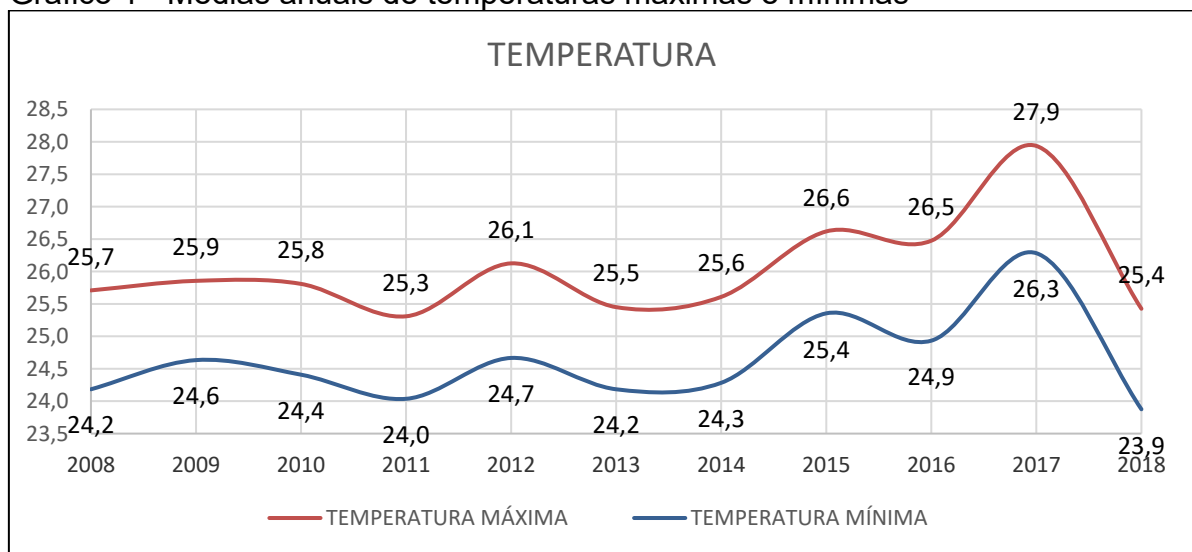
O município de Alta Floresta – MT teve como temperatura média 25,3°C. Durante os meses de setembro, a temperatura máxima registrada é de 27,3°C. Já a temperatura mínima registrada ocorre nos meses de julho, com mínimas de 23,3°C. Segundo o estudo de Moreira (2015) sobre as variáveis meteorológicas do Mato Grosso, o município de Alta Floresta foi o que demonstrou menos amplitude térmica anual, eis, portanto, 2,27°C. O pesquisador encontrou valores médios de temperatura de aproximadamente 25,44°C, sendo o mês de agosto o com maior incidência de calor, com máximas de 26,71°C e mínimas de 24,44°C em fevereiro.

Conforme Ayoade (2004) é habitual que a temperatura tende a aumentar em baixas altitudes e diminuir com a elevação da altitude, constituindo-se, assim, o fator que mais influencia a variação espacial da temperatura do ar. Corroborando com os

dados presentes no Gráfico 1, pode-se afirmar que, ao longo dos onze anos, a amplitude térmica permaneceu constante.

Entre 2008 e 2018, período considerado nesse estudo, os meses entre agosto e setembro são os que apresentaram maiores temperaturas, com destaque para o ano de 2017. Em 2017, as médias foram de 27,9°C e com umidades relativas mais baixas, de 72%, a qual, de sobremaneira, apresenta comportamento inverso ao da temperatura.

Gráfico 1 - Médias anuais de temperaturas máximas e mínimas



Fonte: Da autora (2021).

#### 4.1.2 Umidade Relativa

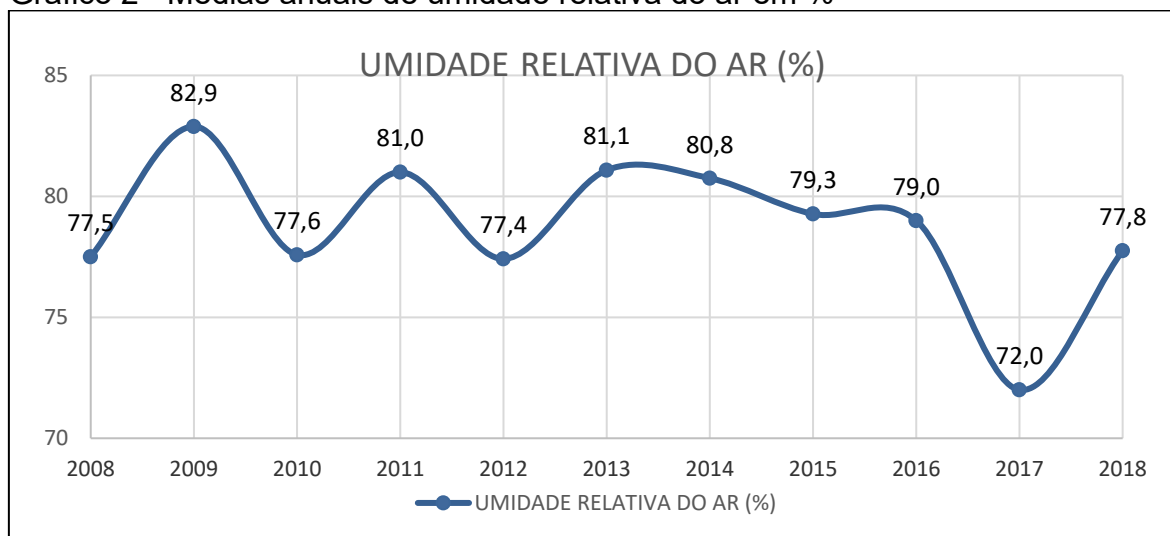
Conforme o estudo de Lamberts (2016), nos locais com alta umidade, a transmissão de radiação solar é diminuída, uma vez que o vapor de água e as nuvens absorvem e redistribuem a radiação pela atmosfera. Por conseguinte, no tempo em que o ar tende a estar mais seco, os dias são mais quentes e as noites mais frias. Contudo, cabe acrescentar que com o alto índice pluviométrico e a umidade relativa elevada, é natural que as temperaturas extremas tendem a se atenuarem. Contudo, nesse contexto, o indivíduo tem mais dificuldade em evaporar o suor, aumentando a sensação de desconforto térmico.

Nos estudos de Moreira (2015), realizado em Alta Floresta – MT, detectou-se que a temperatura apresenta correlação com a umidade relativa do ar e com a chuva. Isso indica que quanto maior for a temperatura, menor será a umidade relativa e a

precipitação pluviométrica. As análises desse pesquisador mostraram que, naquele contexto, quanto mais alta a umidade do ar maior foram os volumes de chuva e maior a umidade, menor foi a velocidade do vento e amplitude térmica.

Em Alta Floresta – MT há duas estações anuais bem nítidas: Eis, portanto, o período de verão com elevadas taxas de umidade relativa apresentando máximas de 86,5% e o do inverno com taxas mínimas de 60,4%, durante os onze anos estudados, Gráfico 2.

Gráfico 2 - Médias anuais de umidade relativa do ar em %



Fonte: Da autora (2021).

#### 4.1.3 Pressão atmosférica

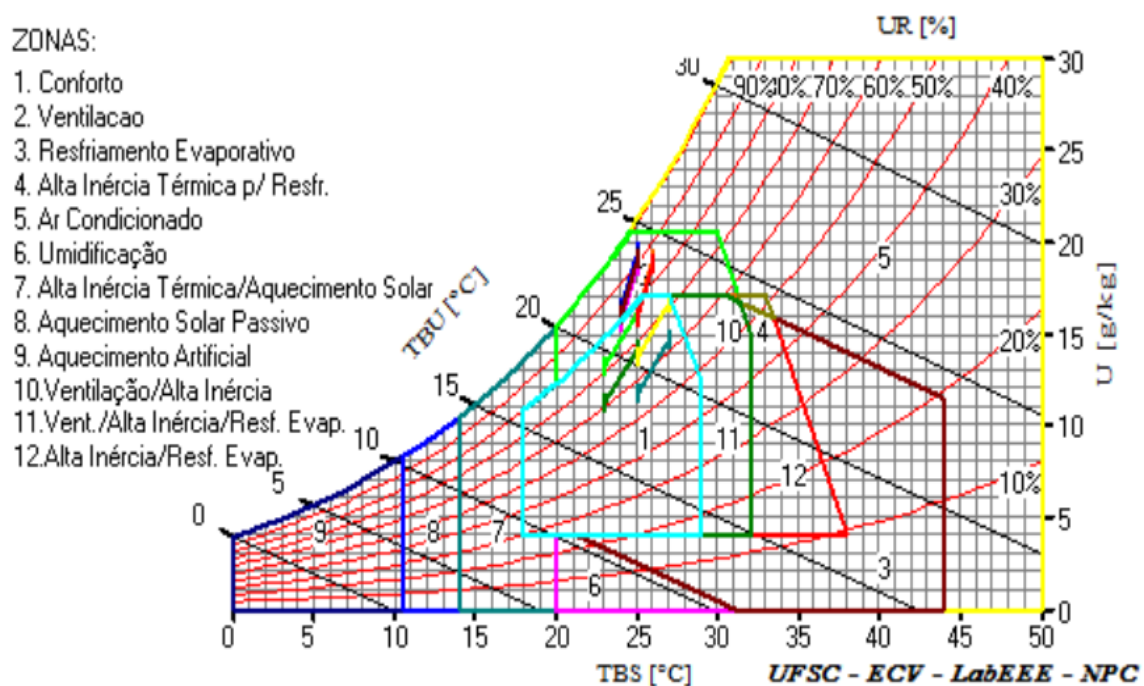
Tratando-se do conceito de pressão atmosférica, cabe mencionar que a sua origem vem da teoria cinética dos gases, essa definida como a força exercida pela colisão das moléculas do ar em movimentos aleatórios. Sobre uma dada superfície, o ar exerce uma pressão sobre a área e, em níveis mais elevados, acontece uma redução da massa de ar, exercendo assim menos peso, ou seja, menor pressão atmosférica (LEÃO, 2017).

Em consonância com a perspectiva de Lamberts *et al.* (2014), acredita-se que a direção e a velocidade dos ventos são influenciadas, principalmente, pelas variações de temperatura entre as massas de ar. Essas diferenças provocam o deslocamento da área de maior pressão formada pelo ar frio e pesado para área de menor pressão, essa composta por ar quente e leve.

Após o término da tabulação dos dados e a mensuração das medias mensais no período escolhido, os dados presentes na tabela 1 foram transferidos para software *Analysis Bio2* (LabEEE; 2010). Trata-se de um programa gerado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e que tem por função viabilizar a produção de uma Carta Bioclimática da região estudada juntamente com o relatório delineado para análise descrevendo os percentuais de utilização de estratégias para cada mês do ano.

Com o resultado, foi possível identificar que o município estudado apresenta apenas duas situações distintas durante os doze meses, Figura 23, recomendações de conforto e ventilação, provavelmente as características edafoclimáticas da região contribuem para esta condição, uma vez que ocorre a presença de vegetação é composta por um mosaico diversificado de vegetação secundária, savanas e floresta ombrófila que contribuem para a formação do microclima. Alta Floresta - MT apresenta pouca variação de temperatura e um ciclo de chuvas bem distribuído durante o verão (MOREIRA, 2015).

Figura 23 - Carta Bioclimática para a cidade de Alta Floresta/MT



Fonte: Da autora (2020).

Consoante a Tabela 2, os dados ali presentes demonstram que Alta Floresta-MT se encontra em duas Zonas bioclimáticas, 33.3% do ano. Os alta-florestenses

disfrutam de uma zona de conforto térmico que somente em 66,6% do ano se exige estratégias de ventilação para assegurar um maior conforto ambiental.

Sabe-se que nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, o clima predominante é o tropical. Nessa grande área é que se originam os climas quente e úmido e subúmido influenciados pela Zona de Convergência intertropical - ITCZ e pela convergência dos ventos Alísios. A ocorrência de chuvas nessa região se deve, em muito, a influência desse fenômeno físico (ALMEIDA, 2016).

O norte mato-grossense é caracterizado por duas estações diferenciadas pelos índices pluviométricos. Eis, portanto, a estação chuvosa também conhecida como “verão” e a estação seca denominada de “inverno”. Durante o ano, a umidade relativa varia de maneira representativa, todavia a temperatura não apresenta grandes variações ao longo do ano e os meses de maio outubro e novembro tem por característica desempenhar uma zona de transição.

Alta Floresta – MT e seus arredores se encontra na Zona 8, conforme o mapa de *Zoneamento Bioclimático Brasileiro* disponível na NBR 15220-3. As estratégias bioclimáticas recomendadas para esse tipo de contexto são aberturas grandes para ventilação e o sombreamento delas. O município de Vera-MT, situado a 393km de Alta Floresta, está na Zona 5, isso conforme o mesmo mapa citado no anexo A da NBR 15220-3. A estratégia adotada para a Zona 5 é de projetar aberturas médias com sombreamento e paredes leves refletoras.

Contudo, após a análise dos dados este estudo demonstrou que Alta Floresta – MT está na Zona 2 onde as estratégias recomendadas são semelhantes a cidade de Vera-MT, ou seja, aberturas médias com sombreamento e paredes leves, e a principal diferença de estratégia bioclimática recomendada e o fato de projetar permitindo a entrada de sol durante o Inverno como esta recomendação é comumente indicada para a estação de inverno e na região não se manifestam dias com baixas temperaturas é possível concluir que a indicação seja em função das altas taxas de umidade relativa, que a estratégia de ventilação natural não demonstra resultados satisfatórios.



Tabela 2 – Estratégias Bioclimáticas mensais para a cidade de Alta Floresta /MT

ESTAÇÃO	MESES	ZONA 1	ZONA 2	ESTRATÉGIAS
Inverno Estação de Seca	MAI	3,90	96,15	Ventilação
	JUN	100,05		Conforto térmico
	JUL	100,05		
	AGO	100,05		
	SET	100,05		
	OUT	33,68	66,36	Ventilação
Verão Estação chuvosa	NOV	39,58	60,47	
	DEZ		100,05	
	JAN		100,05	
	FEV		100,05	
	MAR		100,05	
	ABR		100,05	

Fonte: Da autora (2021).

O conceito de conforto térmico, aparentemente, é subjetivo, uma vez que há uma diversidade de fatores que influenciam no bem estar térmico do homem no meio em que ele se encontra. Todavia, é importante salientar que quando o balanço das trocas de calor a que o corpo está submetido for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de limites aceitáveis o indivíduo demonstrará satisfação com o meio ambiente. Por conseguinte, esse tipo de fenômeno pode ser caracterizado como um estado de Conforto Térmico (ASHRAE, 2005).

No que concerne a Zona 01, pode-se afirmar que a maioria dos habitantes sentem-se confortáveis, essa sensação pode ser atingida em faixas de umidade relativa entre 20% e 80%, com temperatura entre 18°C e 29°C. Caso a temperatura superar os 29°C ou a umidade exceder os 80% é necessário, portanto, ventilar para melhorar a sensação térmica. Por conseguinte, é essa a estratégia empregada para Zona 2 (LAMBERTS; TRIANA, (2007).

A média de temperatura existente em Alta Floresta – MT não transpõe os 26°C, no entanto, a umidade relativa de novembro a maio excede os 80%; fato que aponta a necessidade de estratégias de ventilação durante sete meses do ano.

A Zona 2, conforme Lamberts *et al.* (2014), é retratada como zona de ventilação. A estratégia mais simples empregada para essa zona é a ventilação

cruzada. Para tanto, os espaços interiores devem ser amplos, o que impede barreiras edificadas para favorecer a distribuição do movimento do ar. Nesse sentido, toma-se como princípio bioclimático a necessidade de controle da ventilação diurna para reduzir a entrada de ar quente e incrementar a ventilação noturna, aproveitando assim o ar mais fresco para dar valor ao conforto do ambiente.

A base dos sistemas passivos de ventilação se dá na diferença de pressão decorrente de diferenças de temperatura ou modificada pelo vento, estes dois fatores configuram dois tipos de ventilação: a primeira conhecida por ventilação cruzada e a segunda por ventilação por efeito chaminé. O espaço interno, o tamanho e a colocação das aberturas são fatores que condicionam o desempenho da ventilação. Contudo, é importante mencionar que a ventilação natural não é tão eficaz para diminuir a umidade do ar que penetra no ambiente, limitando um pouco a aplicação dessa estratégia em climas de umidade relativa muito elevada (LabEEE, 2019).

A presença de jardins públicos, arborização urbana e vias beneficiadas com iluminação natural são estratégias que estão bem presentes no espaço que caracteriza o município. Considerando isso, Manzan-Agugliaro *et al.* (2015) afirma que essas são estratégias recomendadas para regiões de climas quente e úmido. Consoli (2017) disserta que as diretrizes para trazer mais conforto térmico são compostas por um conjunto de articulações que vão desde a presença de vegetação, de elementos arquitetônicos até a de espaços disponíveis entre os ambientes construídos.

#### **4.2 Caracterização do resíduo pó de serra produzido na indústria madeireira**

Com base nos dados obtidos no relatório de beneficiamento e comércio de produtos madeireiros, esses disponibilizados no SISFLORA pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT) no ano de 2016, foi possível identificar um grupo de 150 espécies florestais sendo exploradas e comercializadas no Mato Grosso.

Porém, para a realização deste estudo, foi caracterizado e quantificado o volume de madeira em tora e o volume de resíduo gerado pelo setor madeireiro no município de Alta Floresta. Isso, considerando que uma das propostas desta pesquisa foi avaliar a disponibilidade do material serragem para a produção de blocos e tijolos de alvenaria fabricados com adição do agregado pó de serra.

Com o levantamento realizado no município de Alta Floresta - MT foram

identificadas 78 espécies sendo comercializadas. Entretanto, para a análise dos dados optou-se trabalhar com aquelas que apresentaram exploração acima de 4 mil metros cúbicos, compondo um grupo de apenas 18 espécies, estas correspondem a 40% do volume total em metros cúbicos comercializados no intervalo dos últimos 5 anos.

Ribeiro *et al.* (2016), entre 2004 e 2010, encontraram no Mato Grosso um grupo de 10 espécies semelhantes as encontradas nesta pesquisa que identificou mais 9 com comercialização expressiva. Consequentemente, percebe-se que o grupo tem sido ampliado, demonstrando que houve busca de uma exploração mais diversificada, embora a que é exercida atualmente sobre as espécies mais aceitas no mercado continue acontecendo.

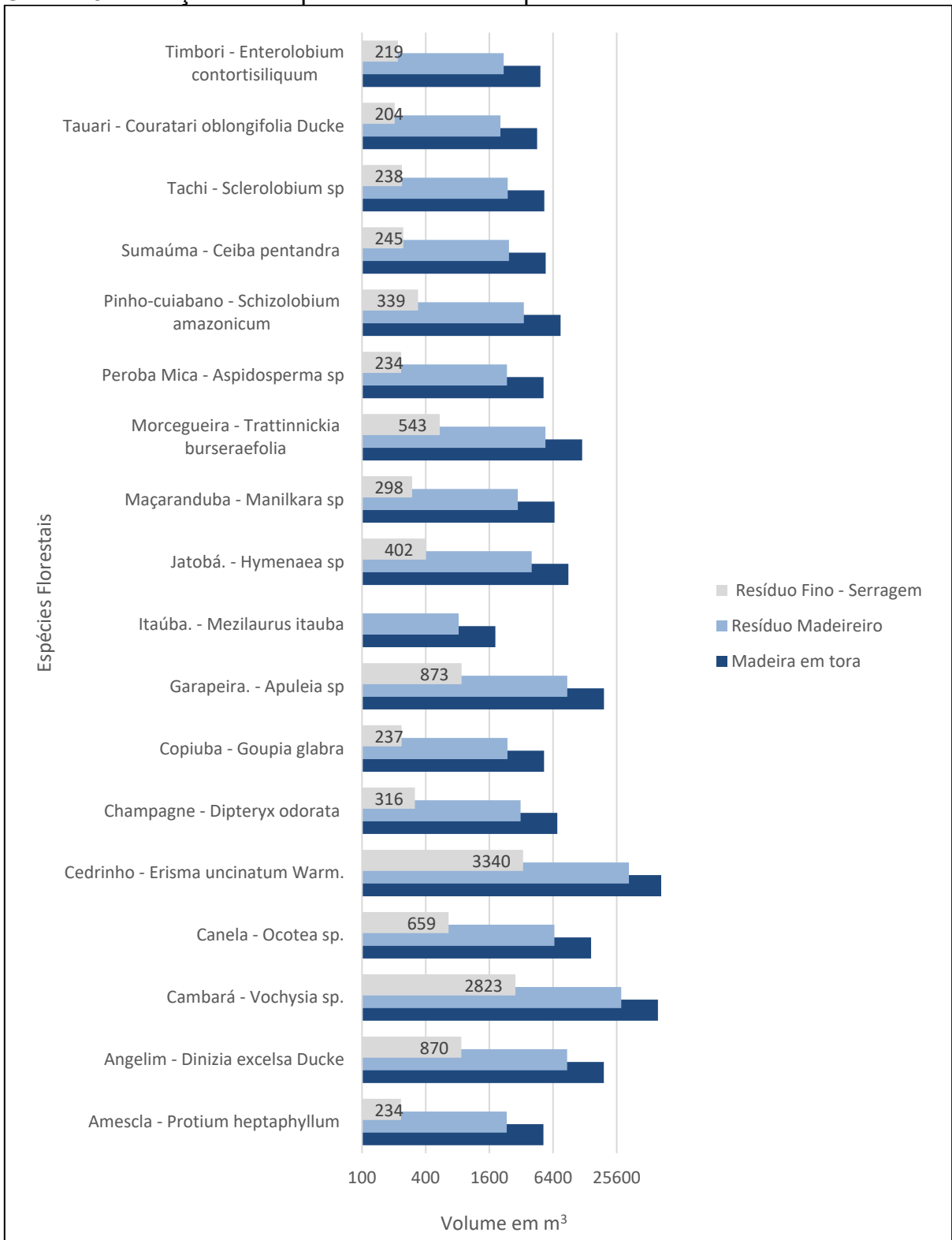
Zaque *et al.* (2019) cita em seu trabalho as mesmas espécies encontradas por Ribeiro *et al.* (2016). Dada informação corrobora com as levantadas neste estudo, sendo possível afirmar a justaposição de 58% das espécies, trazendo destaque no *ranking da exploração* a liderança do Cambará - *Qualea sp.*, do Cedrinho - *Erisma uncinatum* Warm. e da Garapeira. - *Apuleia sp.*

A conversão de toras em madeira serrada, ou seja, tabuas, vigas, caibros se dá por meio do desdobro primário e este processo implica numa geração de resíduos que pode variar conforme as características da tora, a tecnologia de processamento e a eficiência das máquinas empregadas na indústria. Com base no princípio de balanço de materiais foi possível estimar a geração de resíduos madeireiros no município de Alta Floresta - MT, pois é de conhecimento o volume de madeira em tora comercializada, o índice de rendimento volumétrico das serrarias e, por conseguinte, o volume de resíduo grosso e fino gerado pela atividade.

Conforme apresentado no Gráfico 3, a seguir, é possível identificar 18 espécies florestais e seus respectivos volumes de madeira em tora, resíduo madeireiro e o objeto de estudo desta pesquisa, resíduo fino (serragem), os valores apresentados foram determinados pela relação de rendimento no processo de desdobro e classificação de resíduos determinados pela Instrução Normativa n. 13 (IBAMA, 2012).

O setor madeireiro movimenta a economia trazendo benefícios financeiro e desenvolvimento para o estado de Mato Grosso, porém a grande procura por madeiras já estabelecidas no mercado pode resultar numa superexploração causando até a extinção de algumas espécies (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Gráfico 3 - Relação das espécies Florestais exploradas em Alta Floresta- MT

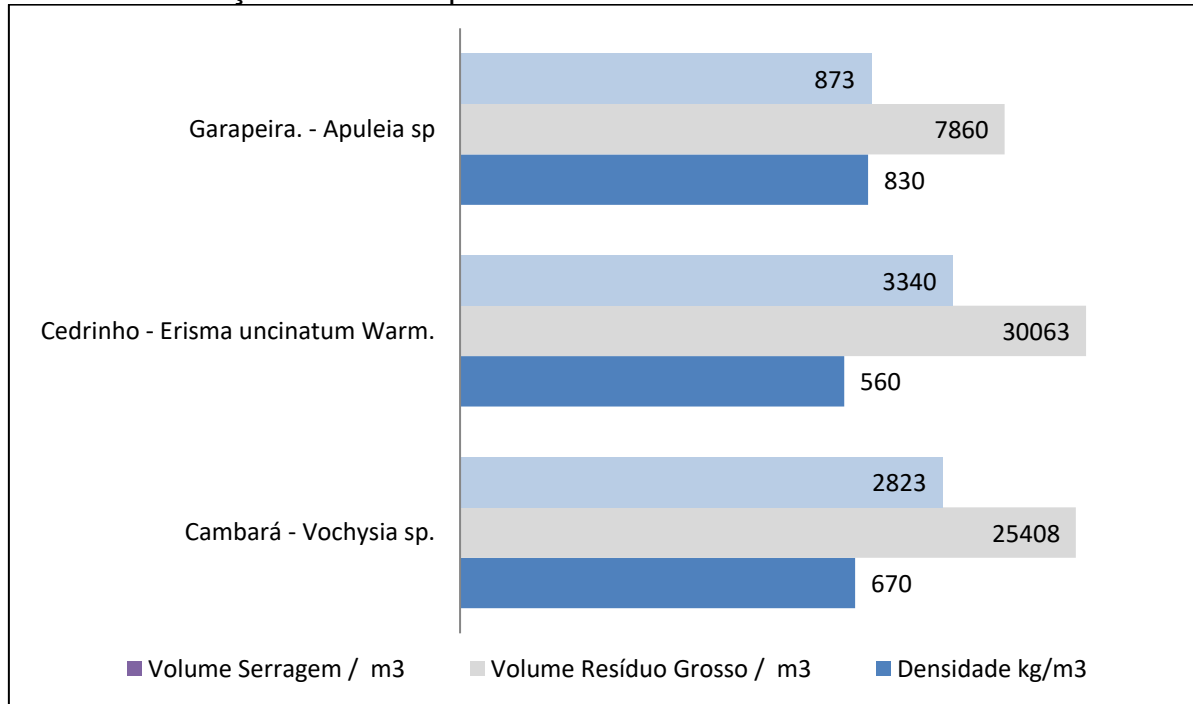


Fonte: Da autora (2021).

Como mencionado anteriormente para este estudo foram selecionadas as espécies que apresentaram volumes acima de 4 mil m<sup>3</sup> comercializadas no intervalo de 5 anos, sendo fator determinante o volume e a densidade da madeira. Dado isso,

foram escolhidas as três espécies mais industrializadas de alta, média e baixa densidade.

Gráfico 4 - Seleção das três espécies mais comercializadas em Alta Floresta-MT



Fonte: Da autora (2021).

A madeira como produto que fomenta o seu comércio e a sua industrialização no mercado florestal é um material que desperta um grande interesse. Esse interesse se origina no fato dela se tratar de um material natural, heterogêneo com muitas variações nas propriedades físicas e químicas. Entre as espécies supracitadas, as diferenças mais expressivas são a cor e a densidade aparente do lenho. A sugestão de Carvalho (2007) é uma categorização que varia de leve (0,40 a 0,49 g. cm<sup>3</sup>) até pesada (0,80 a 0,95 g.cm<sup>3</sup>).

No que tange as características macroscópicas da madeira, sua definição se dá pelas propriedades organolépticas ou sensoriais, a cor, o brilho, o odor, o gosto, grã, a textura densidade, a dureza e os desenhos da madeira. Em contrapartida, as propriedades anatômicas reúnem aspectos relacionados aos anéis de crescimento e aos elementos celulares (ZAQUE, 2018).

No que concerne as propriedades químicas da madeira, a sua caracterização se remete aos compostos que são variáveis entre espécies e até mesmo indivíduos da mesma espécie. Como partes elementares de sua composição tem-se a celulose,

a hemicelulose e a lignina, enquanto que os componentes acidentais são os extrativos e compostos minerais (SUSIN, 2018).

A respeito da escolha das espécies Cambará - *Vochysia sp.*, Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.*, Garapeira. - *Apuleia sp*, cabe mencionar alguns aspectos importantes e motivadores, tais como expressiva comercialização delas, mas também suas características físicas e químicas da madeira. As serragens usadas nesse estudo são resíduos oriundos do desdobro primário das serrarias do município de Alta Floresta - MT. A madeira de Cambará - *Vochysia sp*, apresenta densidade de  $0,67\text{g.cm}^3$  sendo classificada como média a alta, com fibras libriformes e septadas de curta extensão 1,45mm. (RIBEIRO, 2017). No que tange as características do lenho, Franzen *et al.*, (2018) ao estudar as propriedades físicas e químicas de espécies nativas da Amazônia encontrou 3,41% de extrativos, 31,55% de lignina e 64% de holocelulose para esta espécie.

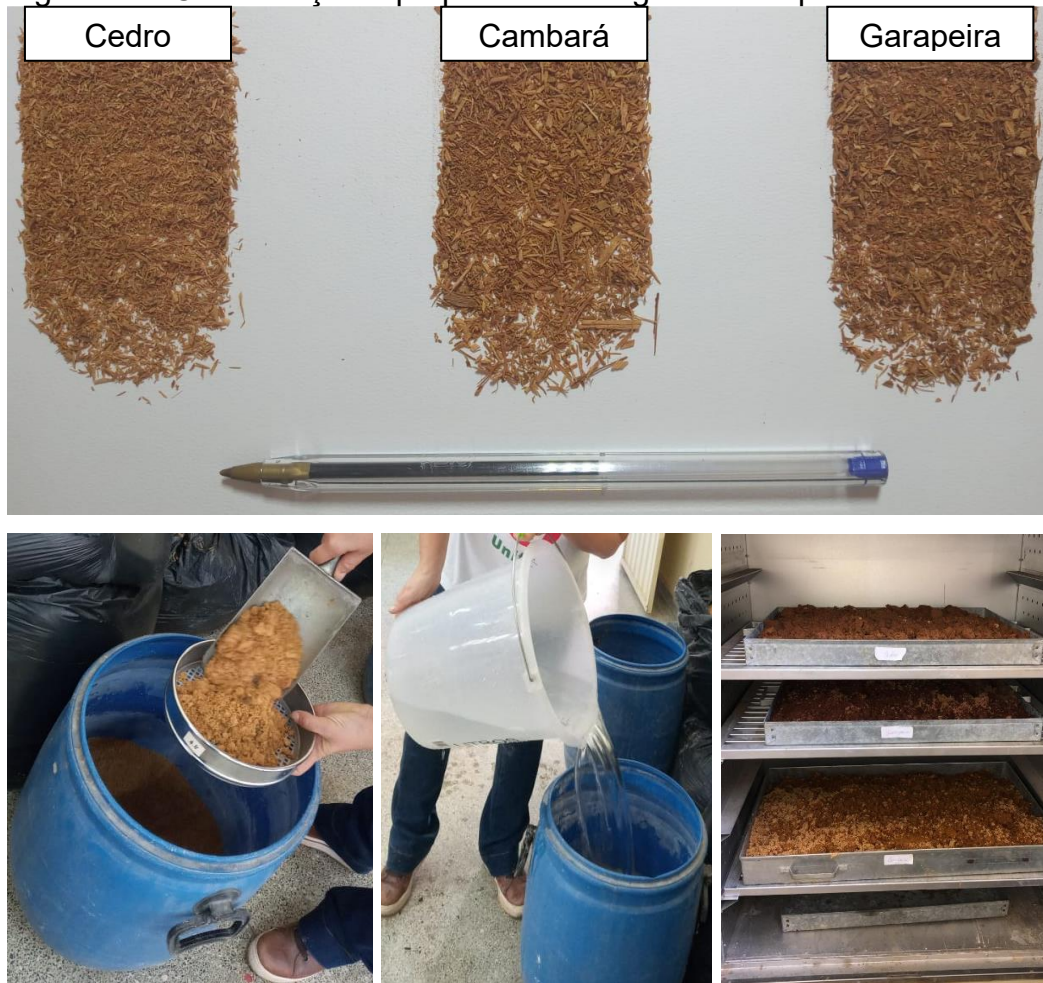
Sobre a espécie Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm*, Ribeiro (2017) relata em seu estudo que se trata duma madeira macia ao corte, por essa razão, classificada como baixa densidade com valor de  $0,56\text{g.cm}^3$  e com fibras libriformes de extensão curta 1,29mm. Já sobre suas propriedades químicas, Almeida *et al.* (2015) apresentam teores de extrativos de 3,47%, 22% de lignina e 74,52% de holocelulose.

Outra espécie considerada nesse estudo é a Garapeira - *Apuleia sp*, Sua madeira possui porosidade difusa pouco abundante, madeira de alta densidade  $0,83\text{g.cm}^3$  com fibras libriformes de 1,35mm. Sobre sua composição química, Batista (2021) descobriu, em seu estudo sobre a composição química de madeiras amazônicas, 13,48% de extrativos, 26,35% de lignina, 62,84% de holocelulose - que é a soma da celulose com a hemicelulose.

No estudo sobre a relação entre compósitos cimentícios e madeira, Iwakiri e Prata (2008) relata que as espécies de folhosas tropicais costumam apresentar altos teores de extrativos que são responsáveis pela inibição da solidificação do cimento, sendo seus principais ativos os compostos fenólicos e os carboidratos livres. Outros dados que colaboram para essa reflexão são os apresentados por Beraldo *et al.* (2002). Esses pesquisadores afirmam que a presença de açúcares e extrativos solúveis em água ou álcali retarda o tempo de pega do cimento, e segundo os autores estas influencias podem ser minimizadas através de métodos de tratamentos das partículas.

Conforme descrito as espécies selecionadas apresentam densidades que variam de  $0,56 \text{ g.cm}^3$  a  $0,83 \text{ g.cm}^3$  e diferentes proporções de extrativos, lignina e holocelulose, portanto se fez necessário que a serragem fosse preparada e utilizada de duas formas, *in natura* e submetida a um tratamento por imersão além da padronização granulométrica em uma peneira de 4,8mm conforme demonstrados na Figura 24.

Figura 24 - Classificação e preparo da serragem das espécies selecionadas



Fonte: Da autora (2021).

Conforme apresentado na Figura 24, a serragem das espécies selecionadas apresenta características distintas tanto no que se refere a dimensão das partículas quanto nas propriedades organolépticas e composição química. Contudo este estudo propôs avaliar a influencia da inserção da serragem sem qualquer classificação e com um pré-tratamento que consistiu apenas na classificação da granulometria, imersão em água e posterior secagem em estufa para a padronização da umidade do compósito.

### 4.3 Avaliação da resistência dos blocos de cimento-serragem.

Segundo Fan *et al.* (2012), os extrativos e o teor de açúcar variam entre as espécies, e alguns compostos podem inibir a hidratação do cimento em um compósito de cimento-madeira, em vista disso, antes de dar início a produção dos blocos um pré-teste foi realizado com o objetivo de verificar a necessidade do pré-tratamento. Esse consiste na imersão do pó de serra em água e a padronização do teor de umidade, estas etapas mais a avaliação das proporções dos agregados, (areia, pó de brita, pó de serra e brita zero), água e cimento conduziram o ajuste do traço em busca de maiores propriedades de pega e resistência mecânica.

A resistência é obtida da relação entre a carga aplicada na peça e a sua área total, incluindo-se as aberturas. Quando o traço é dosado as características como plasticidade, resistência do cimento e diâmetro máximo dos agregados influenciam diretamente nos resultados.

A título de comparação, este estudo tomou como referência os blocos de concreto estrutural fabricados e comercializados no município, com resistência média de 6,16 Mpa segundo o laudo apresentado pelo fabricante. Ao adicionar 12% de serragem na mistura concluiu-se que houve um decréscimo na resistência dos blocos, que apresentaram uma variação de 2,18 MPa a 3,62 MPa com 28 dias. Porém, mesmo apresentando valores inferiores é possível afirmar a viabilidade do uso de pó de serra como agregado, pois apresentou resistência suficiente para ser considerado um bloco de vedação segundo as exigências da (NBR-6136, 2016).

Moreira *et al.* (2011), adicionou 5% de pó de serra da espécie *Dinizia Excelsa Ducke* (Angelim Vermelho) na produção de blocos de alvenaria e avaliou a resistência à compressão dos blocos com 7 e 28 dias, para este estudo a serragem foi submetida a dois tratamentos um a solução alcalina e o outro a base de sulfato de alumínio e o resultados dos ensaios mostraram um bom desempenho no segundo tratamento, os blocos com resíduo tratado em solução sulfatada apresentaram resistência a compressão tanto individuais quanto em média de 3,98Mpa ao 28° dia, semelhante aos valores encontrados neste estudo.

Villas-Boas *et al.* (2020), ao avaliar o uso de resíduo de madeira de *Pinus spp* proveniente da indústria madeireira, sem aplicação de tratamento na serragem para a produção de bloco vazado verificou valores médios de resistência de 1,09Mpa a 1,42Mpa, valores semelhantes ao encontrado para os blocos fabricados com



serragem sem tratamento deste estudo.

Contudo, vale discorrer sobre a diferença de resultados entre as espécies estudadas, mesmo sendo realizado o traço idêntico houveram variações significativas que merecem ser delineadas.

Quando analisados os resultados referentes à resistência dos blocos produzidos com a serragem, observou-se que ela foi proporcional a densidade aparente da madeira. A título de exemplo, o Cedrinho (*Erismia uncinatum Warm*), com a menor densidade entre as três espécies estudadas, conferiu ao bloco a menor resistência à compressão, apresentando valores máximos de 2,18 Mpa com 28 dias, não sendo recomendado a sua utilização nem como alvenaria de vedação.

Tabela 3 - Testes de resistência a compressão dos blocos de Concreto

Tratamento	Blocos de Concreto	Blocos de concreto com Serragem sem tratamento			Blocos de Concreto com Serragem pré-tratada		
		Testemunha Mpa	Cedrinho Mpa	Cambará Mpa	Garapeira Mpa	Cedrinho Mpa	Cambará Mpa
Dias							
7	1,7	0	0	0	1,27	1,33	1,72
14	3	0	0,54	0,63	1,74	2,17	3,02*
21	3,7	0,92	1,98	2,34	2,24	2,74	3,54*
28	4,5	0,42	0,51	1,56	2,18	3,04*	3,62*
DP(Mpa)		0,38	0,77	0,86	0,43	0,74	0,88

DP -Desvio Padrão Amostral; Mpa – Megapascal; \*Mpa – Valor acima do exigido pela NBR-6136

Fonte: Da autora (2021).

Quanto ao teor de absorção de água, foi verificado que o bloco testemunha obteve valores de 8,41 %, o de Cedro de 9,86 %, o de Cambará de 11,98 % e o de Garapeira de 8,68%. Esses valores estão dentro dos parâmetros exigidos pela NBR, porém é importante recomendar a impermeabilização dos blocos produzidos com pó de serra, por se tratar de um material orgânico que oferece o risco de um comprometimento em sua resistência a longo prazo, por causa da absorção de umidade.

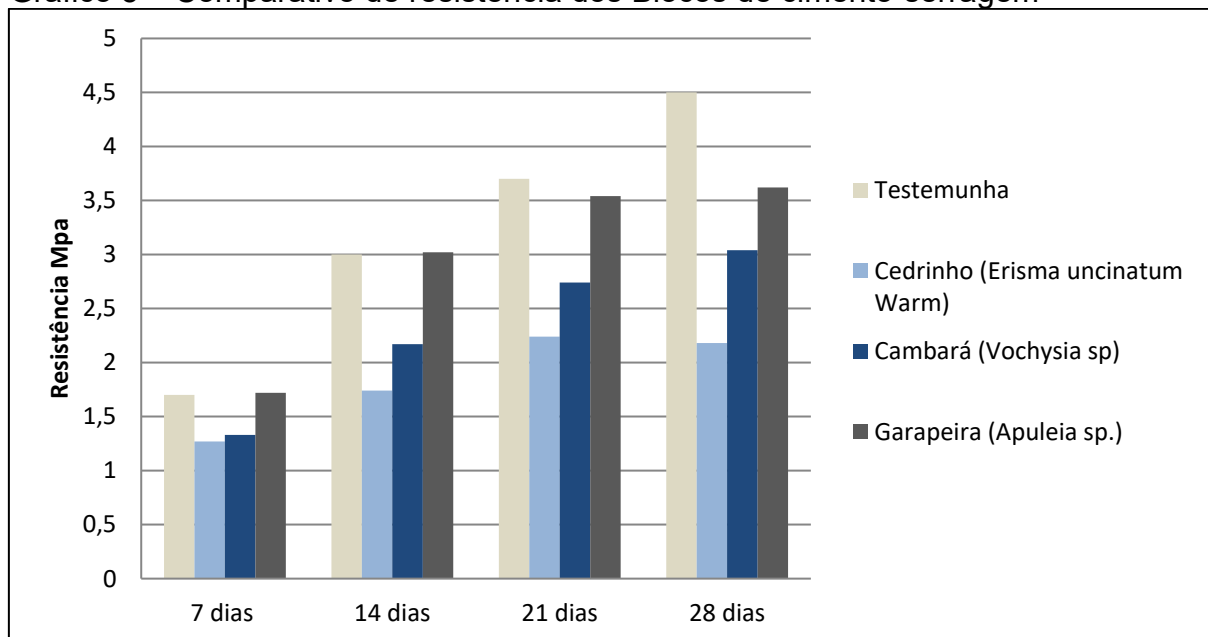
Quanto a inclusão dos resíduos de madeira, o Gráfico 5 nos dá indícios de que as mesmas reduzem a capacidade mecânica e ainda que quanto maior a densidade da madeira, maior a resistência dos blocos, que quando avaliados apresentaram valores de 3,04MPa para os produzidos com serragem de Cambará (*Vochysia sp*) e 3,62 Mpa para os produzidos com serragem de Garapeira (*Apuleia sp.*) com 28 dias de cura.

Contudo, vale destacar que na literatura afirma-se que os extrativos presentes no lenho de algumas espécies nativas da Amazônia podem interferir diretamente na propriedade de pega. Por essa razão, é fundamental que seja realizado o pré-tratamento da serragem minimizando esta influência. Fan *et al.*, (2012) ao analisar compósitos cimentados de 15 espécies de madeiras tropicais constatou que os carboidratos e hemiceluloses contribuíram diretamente para a inibição da hidratação do cimento e a compatibilidade madeira-cimento foi reduzida à medida que o teor de madeira na mistura aumentou, impactando diretamente na resistência do material construtivo.

Semelhante ao verificado neste estudo Lima e Iwakiri, (2014) afirmam que a utilização de pré-tratamento, tipo extração em água por 48hs propiciou aumentos significativos da resistência à compressão dos blocos, quando comparados aos blocos produzidos com resíduo de *Pinus spp*, sem tratamento.

Além desses fatores, os dados do experimento nos permitem entender que o resultado final é diretamente influenciado tanto pelo equipamento usado na fabricação, quanto pela característica química dos materiais. Isso evidencia que, quanto maior a homogeneização e quanto melhor for o processo de extrusão, maiores são as chances de um resultado satisfatório.

Gráfico 5 – Comparativo de resistência dos Blocos de cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

Conclui-se que a adição de pó de serra diminui a resistência comprometendo o

uso para finalidade de alvenaria estrutural, porém ficando dentro da resistência exigida pela NBR 6136:2016 para blocos de vedação. Nessa situação se encontram a Garapeira e o Cambará, ao contrario do Cedrinho que não se enquadra, pois apresenta valores abaixo dos 3Mpa recomendados pela norma. No que diz respeito ao limite de absorção de água todas as espécies estudadas apresentaram resultados condizentes às normas requeridas pela NBR.

#### 4.4 Avaliação da resistência dos tijolos de solo-serragem

Para a avaliação da resistência dos tijolos solo-cimento foram selecionados 5 corpos de prova de cada tratamento nos intervalos de 7, 14, 21 e 28 dias. Procedimento semelhante ao realizado com os blocos de cimento-serragem. Seguindo os tratamentos propostos foram efetuados ensaios com tijolos fabricados com a serragem *in natura* e com serragem tratada das três espécies estudadas.

Em concordância com as normas presentes na NBR 10834, as amostras testadas precisam apresentar valores de resistência à compressão individuais iguais ou maiores que 1,7Mpa. Além disso, uma média dos valores igual ou maior que 2,0Mpa. No entanto, nos testes realizados neste estudo encontrou-se para os tijolos fabricados com a serragem de Garapeira (*Apuleia sp*) valores médios com máxima resistência de 1,95Mpa.

No experimento de Pickering *et al.* (2018) concluíram que ao agregar de 5% a 10% de fibra vegetal em tijolos de solo-cimento a resistência mecânica dos tijolos foi inversamente proporcional a adição de fibras vegetais. Esse resultado conflui com os dados da presente pesquisa, fato este que pode ser esclarecidos pela baixa aderência da serragem ao solo-cimento.

Ao revisar o estado da arte da pesquisa sobre a incorporação de fibras vegetais em matriz terrestre e a influência desses recursos naturais em materiais não queimados como blocos de terra extrusados e estabilizados, Préneron *et al.* (2016) relatam que a adição pode diminuir o craqueamento por retração, a não propagação de trincas e a melhora das propriedades térmicas. Contudo, a referida investigação afirma que os tijolos produzidos com as fibras com maior teor de lignina apresentaram menor resistência.

Na visão de Efendy *et al.* (2014), é presumível que a adesão entre a serragem e o solo-cimento tenha influência da presença de hemicelulose, pectina e lignina

existentes no lenho que podem ser, parcialmente, removidas com o tratamento de imersão em água. O estudo mencionado corrobora com os dados observados na presente investigação e expostos na tabela 4, uma vez que houve uma redução na resistência mecânica nos tijolos feitos com serragem e ainda observa-se uma variação significativa entre os que foram feitos com e sem tratamento na serragem. Pode-se dizer que isso se deve tanto ao tratamento de imersão quanto a padronização do teor de umidade e da granulometria do material.

Tabela 4 -Testes de resistência a compressão dos tijolos solo-cimento

Tratamento	Tijolo solo-cimento	Tijolo solo-cimento com Serragem sem tratamento			Tijolo solo-cimento com Serragem pré-tratada		
		Testemunha Mpa	Cedrinho Mpa	Cambará Mpa	Garapeira Mpa	Cedrinho Mpa	Cambará Mpa
Dias							
7	1,18	0	0	0	0	0,5	0,9
14	1,84	0	0,95	0,65	0,84	1,23	1,26
21	2,21	0,83	1,32	1,0	1,22	1,51	1,83
28	2,35	0,9	1,49	1,2	1,26	1,70*	1,95*
DP(Mpa)		0,46	0,65	0,58	0,51	0,57	0,61

DP -Desvio Padrão Amostral; Mpa – Megapascal; \*Mpa – Valor acima do exigido pela NBR-10834

Fonte: Da autora (2021).

Como se pode ver na Tabela 4, nos ensaios de resistência à compressão o tijolo sem adição de serragem apresentou 2,35Mpa com 28 dias de cura. Enquanto isso, os que foram produzidos com serragem da madeira de Cedrinho 1,26Mpa, Cambará 1,70Mpa e Garapeira 1,95Mpa. Levando em conta que a NBR 8491 (ABNT, 2012a) aconselha que os corpos de prova apresentem uma média dos valores igual ou maior que 2,0Mpa os tijolos de solo-cimento com a adição de 20% de serragem não obtiveram os parâmetros exigidos.

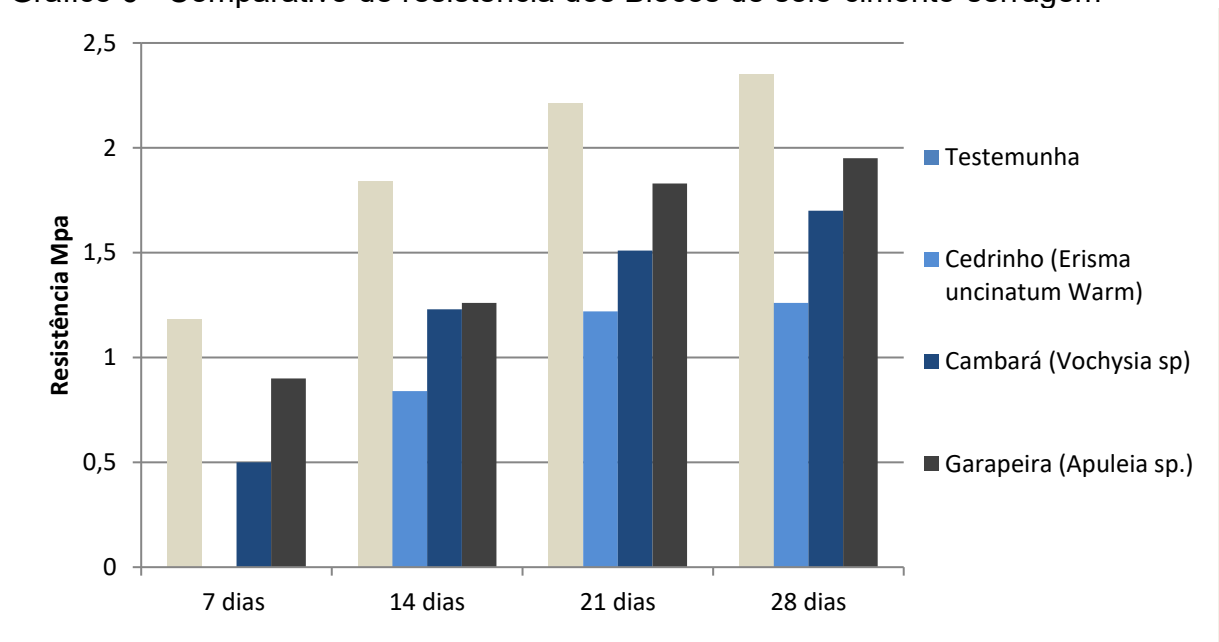
Os resultados apresentados se assemelham aos deparados por Castro, Parchen e Iwakiri (2018). Em sua investigação, o pesquisador agregou de 5% a 20% de casca de café ao tijolo de solo-cimento e atestou um decréscimo na resistência com o aumento do percentual de resíduos. No entanto, apesar que tenha demonstrado um aumento da resistência com o avanço da idade dos corpos de prova, este ganho está relacionado ao preenchimento dos poros pelos componentes formados.

Já no estudo de Souza (2011) adicionou-se 10% de casca de arroz na feitura do tijolo ecológico e verificou-se a resistência de 2,16Mpa com 28 dias. Cabe considerar aí que com 20% de resíduos os tijolos fabricados com serragem da espécie

de *Apuleia sp* apresentaram resistência de 1,95M. Nesse sentido, acredita-se que porcentagens menores de serragem poderiam conferir a resistência mínima exigida.

Não se pode deixar de considerar que os tijolos de solo-cimento-serragem, apesar da média dos valores de resistência à compressão ter sido inferior aos 2Mpa (exigido pela NBR), podem ser utilizados como alternativa ao adobe que requer uma resistência à compressão menor ou igual a 0,7Mpa de acordo com a Norma Técnica de Edificação Adobe E.080.

Gráfico 6 - Comparativo de resistência dos Blocos de solo-cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

Num estudo sobre os diferentes teores de resíduo de madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* na fabricação de tijolos solo-cimento, Silva *et al.*, (2003) verificou um decréscimo na resistência com elevação das porcentagens de resíduo para solos mais finos e indicou uma dosagem ideal de 0,5%, valor muito inferior ao proposto neste experimento que usou 20% de serragem de espécies de *Erisma uncinatum Warm*, *Vochysia sp*, e *Apuleia sp*. Ao comparar esses dados pode-se concluir que a variação da resistência está veiculada à densidade aparente da espécie. Como exemplo disso, temos o *Eucalyptus grandis* com densidade equivalente a do *Erisma uncinatum Warm*, e ainda com a porcentagem de resíduos utilizados.

No que diz respeito aos valores ideais esperados nos testes de absorção de

água, a expectativa é que eles não ultrapassem máximas de 20%, porcentagem permitida. Ao efetuar este ensaio encontrou-se valores satisfatórios: o tijolo testemunha atingiu valores de 11,2%, o de Cedro 15,7%, o de Cambará 17,6% e o de Garapeira 13,8%. Este percentual é encontrado a partir da diferença entre a massa saturada e a massa seca do corpo de prova e corresponde a sua capacidade total de absorção de água.

No estudo de Mota *et al.* (2014) encontrou-se valores similares, no caso, 15,3% para tijolos ecológicos. Não obstante, é importante ressaltar que esse ensaio revelou uma elevação da capacidade de absorção quando integrou o resíduo madeireiro ao corpo de prova. Esse que, por conseguinte, variou entre 13,8 e 17,6% entre as espécies analisadas.

#### 4.5 Avaliação do desempenho térmico dos materiais

Para a análise do desempenho térmico de cada material os valores observados no experimento foram comparados com a norma ABNT NBR 15.520, que apresenta o Zoneamento Bioclimático e as Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, descrevendo a relação das propriedades térmicas de diferentes tipologias de paredes e coberturas.

Para análise do desempenho térmico de cada protótipo observou-se o comportamento da temperatura registrada pelo *datalogger HT900*, que foi instalado no interior dos protótipos no mês de outubro nos dias que apresentaram maiores e menores temperaturas. Isso, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 -Temperaturas máximas e mínimas registradas pelos datalogger HT900.

Protótipos	Temp. Máx. C°	Data Hora	Temp. Mín. C°	Data Hora
Bloco cimento	36.7	27/10 15:09 h	23.4	23/10 06:02 h
Bloco cimento-serragem	35.8		23.1	
Tijolo solo-cimento	36.7		23.5	
Tijolo solo-cimento-serragem	34.8		22.7	
Temperatura externa	33.9		22.0	

Fonte: Da autora (2021).

É importante destacar que os valores de temperatura verificados no interior dos protótipos provavelmente diferem de uma edificação pois é de conhecimento que os valores apresentam variáveis em função das dimensões dos materiais e das técnicas construtivas, como espessuras de argamassa para a junta das peças ou espessura do revestimento, tipos de cobertura, presença de sistemas de ventilação entre outros fatores.

No entanto para este estudo, optou-se avaliar os protótipos construídos com os materiais, considerando apenas a análise do desempenho dos materiais construtivos, os Blocos de concreto com dois furos nas de 0,15 x 0,20 x 0,39cm e os Tijolos solo-cimento com dois furos de 5cm nas dimensões de 12,5 x 0,9 x 0,25cm com e sem a adição de serragem na sua composição.

#### **4.5.1 Desempenho térmico do bloco de cimento-serragem**

No intervalo de tempo estudado a temperatura máxima registrada no município de Alta Floresta - MT foi no dia 27 de outubro de 2021 às 15h00min, 33,9 °C. Neste dado momento, o *datalogger* instalado no interior dos protótipos registrou temperaturas de 36,7 °C para o bloco de cimento (testemunha) e 35,8 °C para os blocos de cimento-serragem, demonstrando uma temperatura mais amena no interior do protótipo com bloco de cimento-serragem. Isso, conforme demonstrado no Gráfico 7.

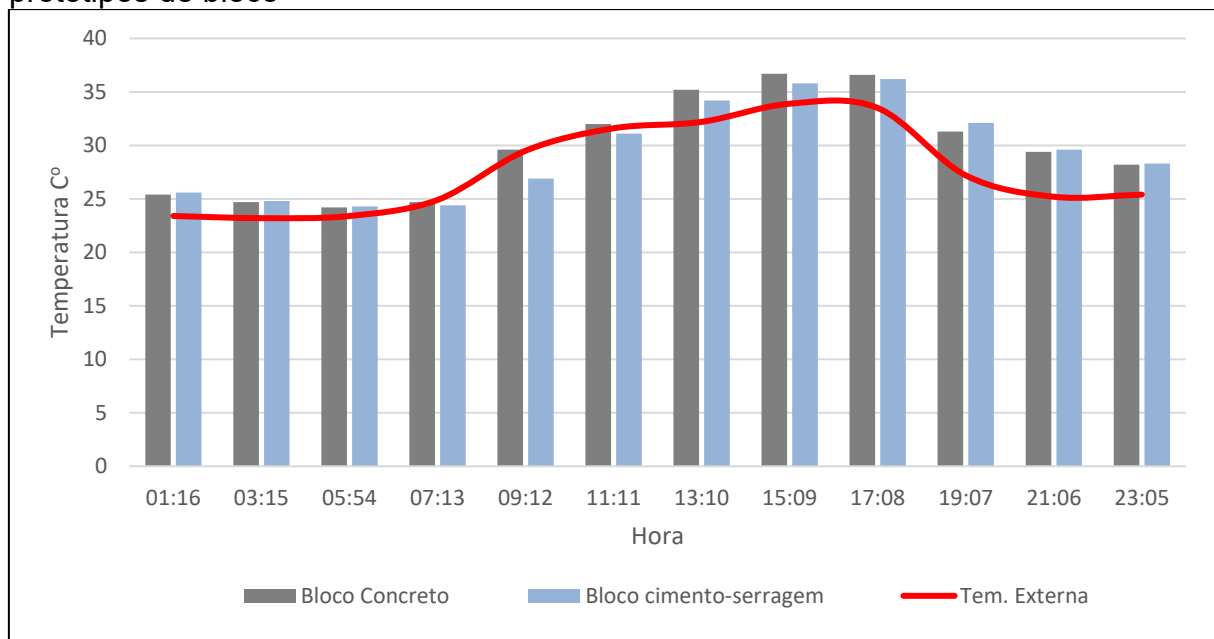
Fernandes (2019), ao descrever a condutividade térmica (maior ou menor facilidade de transferência de calor) dos blocos de concreto, afirma que a resistência dos blocos é proporcional à sua densidade e conclui que quanto maior a resistência maior a condutibilidade térmica. Esta afirmação corrobora com Dantas Filho (2004) que ao avaliar blocos com inserção de serragem de madeira observou que o agregado aumentou a porosidade do material, portanto desenvolveu um bloco com menor densidade e baixa condutividade térmica em comparação com o bloco de concreto de referência.

Semelhante ao observado pelos referidos autores, esta pesquisa também confirmou uma diminuição na resistência dos blocos com cimento-serragem assim como um aumento no conforto térmico proporcionado pelo acréscimo da porosidade do material. O Gráfico 7 demonstra uma maior estabilidade da temperatura no interior dos protótipos desenvolvido com bloco-serragem, pois no período mais quente do dia

ele se manteve com temperaturas inferiores e no momento mais frio com temperaturas superiores as temperaturas registradas nos protótipos de concreto. Embora tenham sido registradas temperaturas superiores as temperaturas externas, o comportamento térmico do material se mostra positivo, sendo possível afirmar a eficiência dos blocos de cimento-serragem no que tange o conforto térmico.

Além das características climáticas do local e a elaboração do projeto arquitetônico a definição dos materiais construtivos deve nortear a busca de mais conforto nos ambientes e uma redução de elementos de climatização artificiais. Por conseguinte, a estratégia da inércia térmica deve ser amplamente analisada propondo a combinação de materiais construtivos para a materialidade das edificações (SPINELLI *et al.*, 2017).

Gráfico 7 - Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais quente nos protótipos de bloco



Fonte: Da autora (2021).

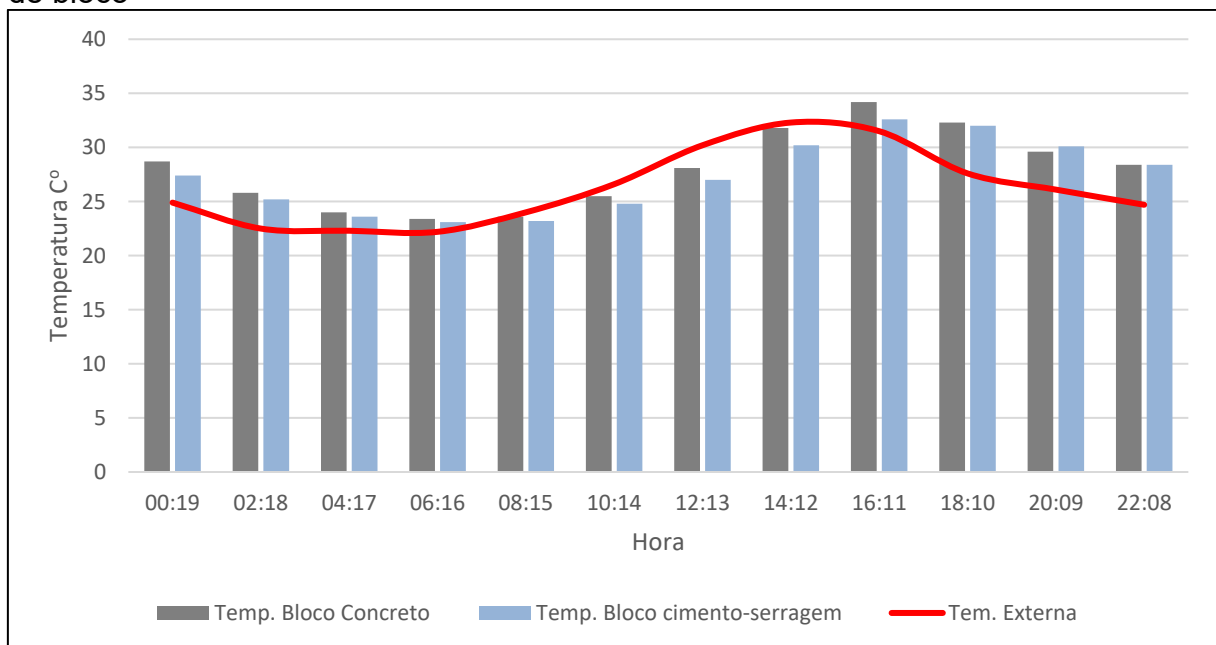
Conforme demonstrado no Gráfico 7, pode-se notar que o protótipo de cimento serragem apresentou temperaturas diárias geralmente mais altas que a ao ar livre, mas sempre menor que a temperatura registrada no protótipo de concreto convencional. Essa constatação está intimamente relacionada à resistência térmica do compósito cimento-serragem.

Quando analisado as temperaturas mínimas registradas, Gráfico 8, conclui-se que o registro de menor temperatura foi no dia 23 de outubro às 06h00min com



22,0°C. O *datalogger* registrou 23,4°C e 23,1°C no interior dos protótipos de bloco de cimento e blocos de cimento-serragem. Por conseguinte, com o registro dos dados de temperatura é possível verificar que os protótipos terminam o dia com temperaturas mais elevadas internamente que as temperaturas externas. Isso garante uma condição mais estável na hora mais fria do dia registrada as 6h da manhã e esse efeito é mais acentuado nos blocos com serragem. À medida que a temperatura externa aumenta o mesmo mantém sua temperatura interna inferior a do protótipo de bloco de cimento. Nesse sentido, observa-se que o material armazenou calor no período mais quente, diminuindo com isso a oscilação e a amplitude térmica no interior dos protótipos.

Gráfico 8 - Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais frio nos protótipos de bloco



Fonte: Da autora (2021).

A variação da temperatura no interior dos protótipos pode ser explicada pela condutividade térmica dos materiais utilizados e ainda pela variação de umidade dos materiais construtivos, uma vez que os protótipos não foram revestidos ou impermeabilizados. Como mencionado anteriormente, os blocos de cimento-serragem apresentam menor densidade. Segundo Alves, Pietrobon e Pietrobon (1999) os poros são ocupados por ar que confere ao material menor condutividade térmica, porém quando o teor de umidade aumenta esta porosidade pode ser preenchida por água. Isso, considerando que a água tem maior valor de condutibilidade térmica. Por esse

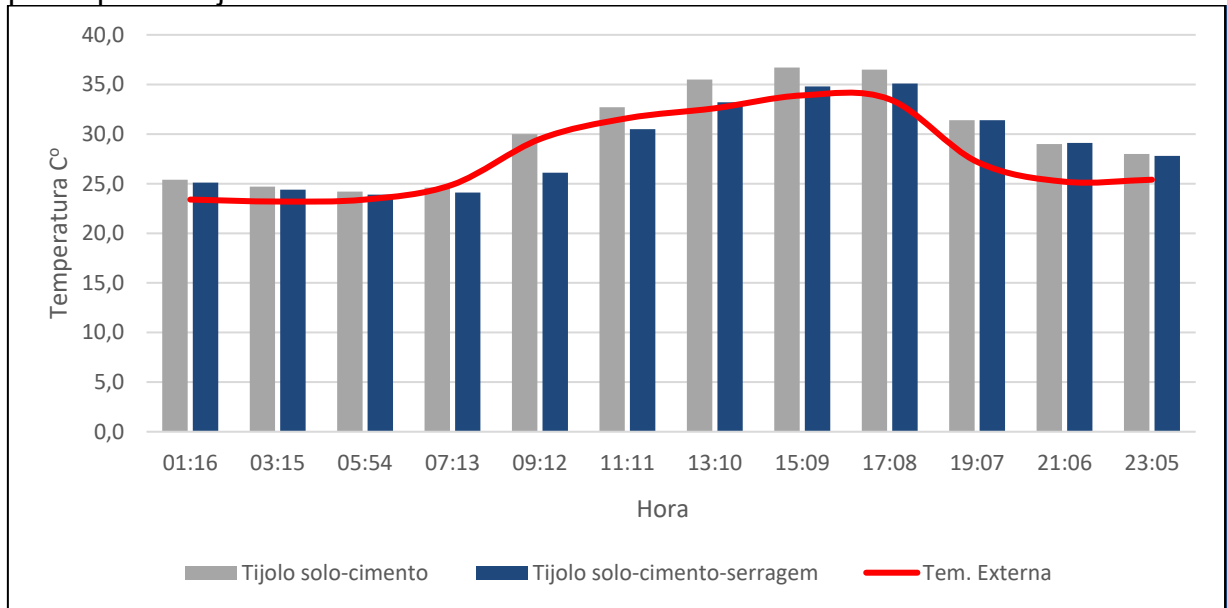
motivo, é recomendado a impermeabilização do material para garantir maior durabilidade e estabilidade térmica.

#### **4.5.2 Desempenho térmico do tijolo solo-cimento-serragem**

O objetivo de adicionar resíduo madeireiro ao concreto argiloso é melhorar as características de isolamento desses materiais, Bouguerra *et al.* (1999) afirmam que os compósitos de cimento-madeira-argila são materiais que apresentam dupla porosidade, sendo a meso porosidade essencialmente localizada na matriz de cimento-barro e a macro porosidade resultante dos agregados de madeira. Esse aumento da porosidade poderia aumentar a capacidade de absorver umidade diminuindo a capacidade de isolamento térmico, além de acarretar problemas de durabilidade. Entretanto, outro estudo desenvolvido pelos mesmos pesquisadores Bouguerra *et al.* (1999) comprovaram que o comportamento dos compósitos de solo-cimento-madeira em contato com a umidade em condições normais (ou seja, 65% de umidade relativa e 20°C) foi muito satisfatório quanto a resistência e desempenho térmico, uma vez que o composto de argila diminui a capilaridade do tijolo.

No dia 27 de outubro às 15h09min o termômetro externo registrou temperatura máxima de 33,09°C e internamente aos protótipos registrou-se temperaturas de 36,7°C e 34,8°C para os tijolos sem e com adição de serragem, respectivamente, conforme registrado no Gráfico 9. Portanto, foi verificado uma diferença de aproximadamente 2°C entre os protótipos mostrando uma melhor resposta o tijolo-solo-cimento-serragem em relação ao conforto térmico.

Gráfico 9 - Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais quente nos protótipos de tijolo solo-cimento

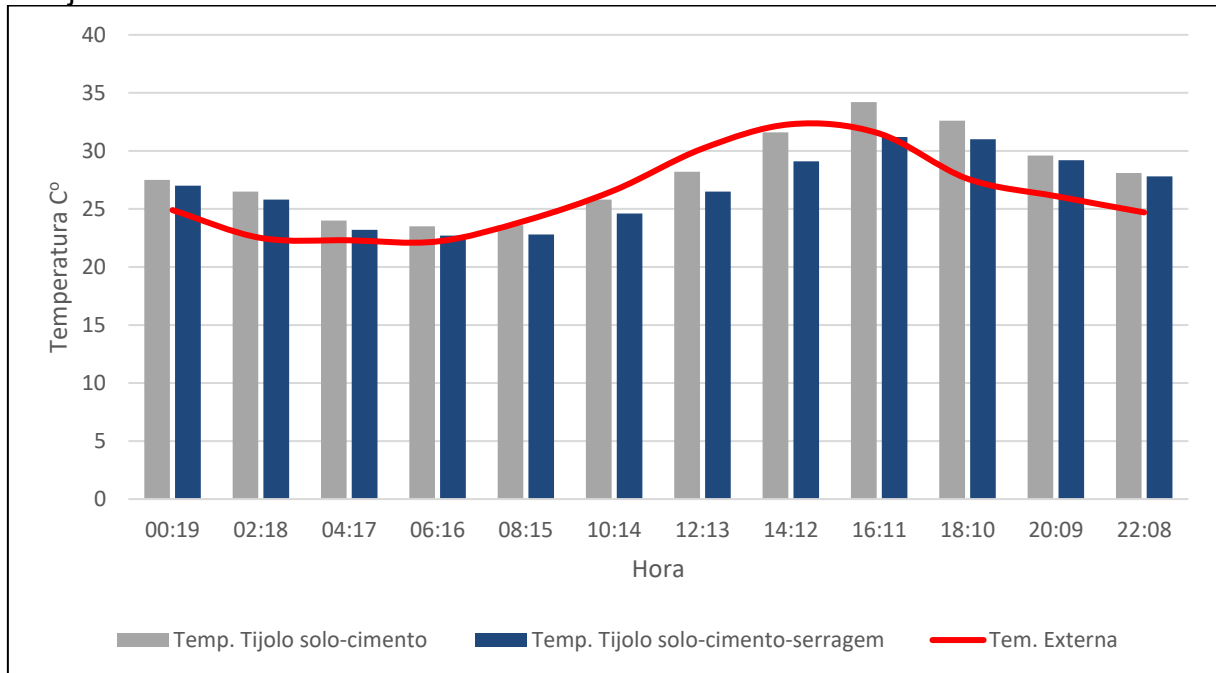


Fonte: Da autora (2021).

Ao considerar as variações de temperatura no dia mais frio apresentadas no Gráfico 10, é possível constatar, no intervalo analisado, que no dia 23 de outubro às 6h a temperatura externa foi de 22°C e a temperatura interna nos protótipos foi de 23,5°C para o tijolo solo-cimento e 22,7°C para o tijolo de solo-cimento-serragem. Novamente foi verificado que no período mais quente do dia a temperatura dentro do protótipo com agregado serragem se mostrou mais estável, ou seja, apresentou um maior intervalo de tempo para se elevar e no período noturno de forma positiva manteve a temperatura adquirida durante o dia e conservou o ambiente interno mais aquecido.

Quando comparado a resposta dos dois materiais no momento mais frio a diferença foi mínima, porém no momento mais quente do mesmo dia às 14h12min, houve uma diferença de 3,2°C comprovando mais uma vez as vantagens do uso de fibras de madeira em compósitos de cimento-madeira-argila. Principalmente, no que tange a busca de maior estabilidade térmica nas edificações. Porém vale destacar que com o percentual de 20% de serragem os tijolos de solo-cimento não apresentaram resposta satisfatória quanto a resistência mecânica embora tenha se mostrado muito eficiente em relação ao conforto térmico. Isso confirmou que os limites de resistência devem impor limites no percentual de agregado serragem.

Gráfico 10 - Temperaturas internas e externa verificadas no dia mais frio nos protótipos de tijolo solo-cimento



Fonte: Da autora (2021).

Lamberts e Naranjo (2016) afirma que a alta inércia térmica de um material é a capacidade que o mesmo possui em diminuir a amplitude térmica que ocorre no ambiente construído, esta característica se apresenta de diferentes formas entre os materiais. Nesse sentido, o estudo do comportamento térmico dos materiais e do atraso térmico do fluxo de calor observado em alguns ambientes construídos proporciona a elaboração de estratégias para o isolamento térmico e o conforto térmico nas edificações.

Santos (2020) sugere o uso de fibras naturais a partir do processo de reaproveitamento de resíduos orgânicos na confecção de novos materiais construtivos. A autora afirma a eficiência do uso de palha de café em painéis de cimento como isolantes térmicos e comprovou a eficácia da técnica quando constatou diferenças térmicas de 4,7°C entre temperaturas externas e internas.

#### 4.5.3 Blocos de vedação com serragem e a variação térmica nos protótipos

De acordo com Iwakiri e Prata (2008), a viabilidade da produção de compósitos produzidos com fibras ou partículas naturais vem sendo pesquisada há décadas e estes estudos vem produzindo não só conhecimento como aceitação e aplicação

destes materiais na construção civil. Lima e Iwakiri (2014), ao avaliarem a utilização de resíduo de *Pinus spp.* como substituto ao agregado miúdo convencional verificaram que a condutividade térmica média do concreto foi reduzida e isso contribui para o desempenho dos blocos quanto ao conforto térmico dos ambientes construídos. Este estudo corrobora com o observado nos protótipos de bloco cimento-serragem e solo-serragem que também apresentaram temperaturas menos elevadas que os protótipos feito com material convencional.

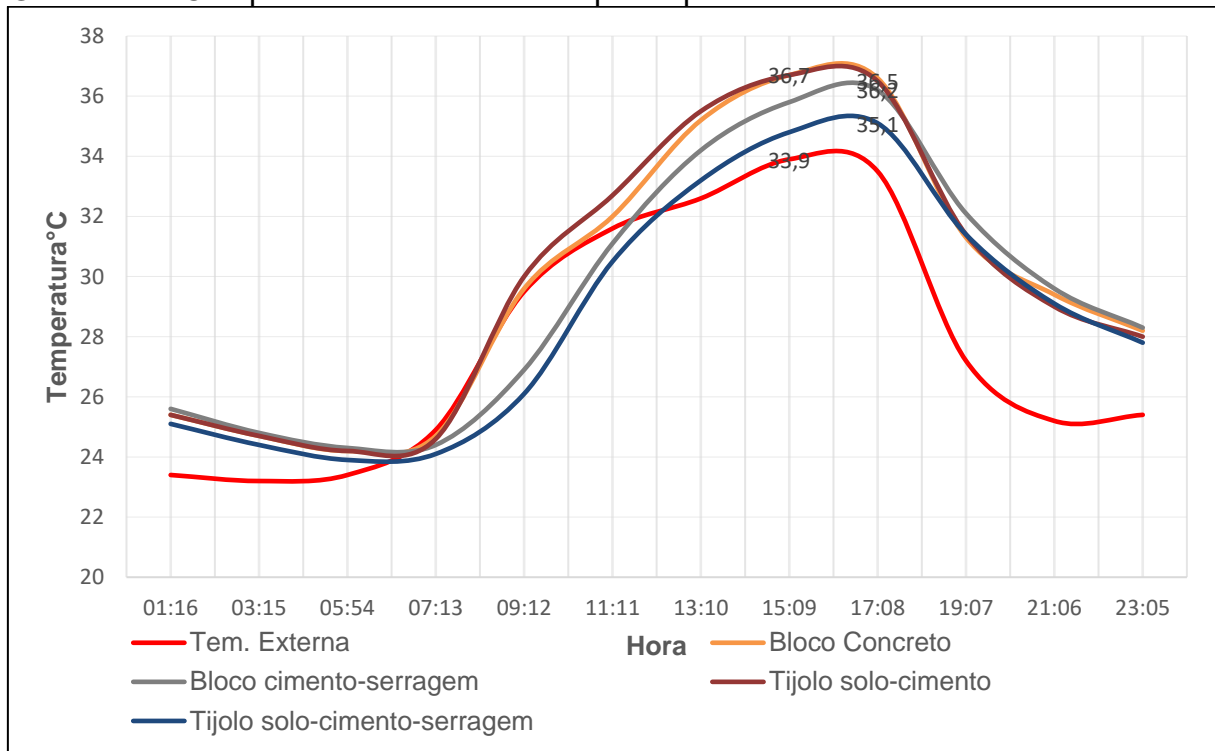
Quando comparados os dois materiais construtivos (blocos e tijolos) com a adição de serragem aos materiais convencionais verificou-se um comportamento semelhante entre eles em relação às temperaturas internas e externas aos protótipos, ou seja, o agregado de resíduo madeireiro conferiu menores amplitudes térmicas dentro dos protótipos para ambos os materiais, porém quando comparados entre si os valores diferem de forma significativa.

Os blocos de cimento-serragem se mostraram menos eficientes que os tijolos de solo-cimento-serragem. No Gráfico 11, é possível verificar menor amplitude térmica para os tijolos de solo-cimento-serragem, isso pode ser explicado tanto pela característica do material, quanto pela maior porcentagem de serragem utilizada o equivalente a 20% do composto e ainda pela estrutura física do tijolo que confere uma menor condutividade térmica.

Segundo Préneron *et al.* (2016), ao realizar um estudo sobre o uso de fibras vegetais como agregado em materiais construtivos detectou que energia de aquecimento ou resfriamento podem ser economizadas quando se opta por materiais com baixa condutividade térmica, este estudo afirma que construções feitas com blocos de terra e fibras vegetais foram 53,3% mais frios no verão do que edifícios usando blocos de pedra-pomes. Esta pesquisa ao avaliar a variação de temperatura interna dos protótipos também verificou temperaturas mais amenas nos materiais com resíduo madeireiro.

Ainda analisando as curvas de temperaturas registradas no Gráfico 11, verifica-se temperaturas internas superiores às temperaturas externas. Isso pode ser explicado pelo modelo construtivo sem ventilação, pela falta de revestimento e ainda pela característica da cobertura utilizada. Não obstante, esses fatores não interferiram na análise e no desempenho térmico dos materiais.

Gráfico 11 - Comportamento térmico dos protótipos



Fonte: Da autora (2021).

O período de monitoramento apresentou claramente a típica oscilação de temperatura diurna e noturna característica do clima local, conforme caracterizado na carta bioclimática Alta Floresta - MT encontra-se na Zona 2. Nesse contexto, para as edificações é recomendado apenas estratégias de ventilação cruzada e espaços interiores mais amplos, o princípio bioclimático consiste em regular a ventilação diurna e noturna equilibrando a temperatura do ambiente.

Nesta pesquisa ficou muito evidente uma curva de temperatura mais tênue para os materiais incorporados com serragem chegando a demonstrar um atraso térmico de 2h. O Gráfico 11 demonstra duas características satisfatórias dos protótipos de bloco-serragem e solo-cimento-serragem diante do desempenho: a primeira é que há a manutenção da temperatura no período noturno e a segunda é que condicionam temperaturas mais amenas; isso, quando se compara os referidos protótipos com os produzidos com material convencional.

## 5 CONCLUSÕES

Essa pesquisa tinha o propósito de por meio da identificação das espécies amazônicas mais comercializadas e da caracterização do resíduo madeireiro gerado pelas serrarias do município de Alta Floresta – MT utilizar esse subproduto para desenvolver dois materiais construtivos com propriedades térmicas: os blocos de alvenaria a base de cimento e serragem e os tijolos ecológicos de solo-serragem. Além disso, havia o objetivo de avaliar as condições climáticas do município para desenvolver a Carta Bioclimática de Alta Floresta-MT que orienta estratégias construtivas para a região.

Para tanto, foi adotado a metodologia de análise documental dos relatórios emitidos pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente que permitiu caracterizar e quantificar o volume de madeira industrializada. Com base nessas informações foi coletada a serragem das seguintes espécies selecionadas: o Cambará - *Qualea sp.*, o Cedrinho - *Erismia uncinatum Warm.* e a Garapeira. - *Apuleia sp.* Esse material foi incorporado na fabricação dos blocos de cimento e dos tijolos de solo-cimento que tiveram sua viabilidade avaliada por testes de compressão e absorção de umidade. Protótipos foram construídos com este material e por meio de um *Datalogger* foram registradas as variações térmicas para avaliar a aplicabilidade deles na região. Por sua vez, para subsidiar ainda mais essa avaliação dados climáticos foram inseridos no software Analysis Bio que gerou a Carta Bioclimática do município de Alta Floresta - MT.

Para tanto, chegou-se as seguintes conclusões: Quanto aos dados climáticos, essa pesquisa conclui que a temperatura média no município de Alta Floresta - MT foi de 25,3°C, com elevadas taxas de umidade relativa apresentando máximas de 86,5% e mínimas de 60,4%.

A carta bioclimática elaborada para o referido município com a análise das condições climáticas registradas no intervalo de dez anos demonstrou que ele encontra-se em duas zonas bioclimáticas: 33,3% do ano na Zona 1, considerada de

conforto térmico e 66,6% do ano na Zona 2 conhecida com zona de ventilação, onde as estratégias bioclimáticas recomendadas são ventilação cruzada e espaços construídos mais amplos.

Com base nos dados disponibilizados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente identificou-se a comercialização de 150 espécies florestais em Mato Grosso. No entanto, para Alta Floresta este grupo reduziu-se em 78 espécies. Ao considerar os volumes de madeira industrializada conclui-se que o mercado de madeira se concentra na comercialização de 18 espécies que correspondem a 40% do volume total em metros cúbicos negociados.

Dentre as espécies mais exploradas estão o Cambará - *Qualea sp.*, o Cedrinho - *Erismia uncinatum Warm.* e a Garapeira. - *Apuleia sp.*. Elas lideram a comercialização. Considerando ainda o volume de madeira em tora e o índice de rendimento para o desdobro primário estima-se uma produção média de 2.345m<sup>3</sup> de serragem no intervalo de tempo avaliado. Contudo, é de conhecimento que pela natureza do sistema de controle os registros dos volumes de madeira processada são subestimados concluindo, portanto, que provavelmente os valores são superiores ao estimado neste estudo.

Os blocos de concreto foram, por sua vez, produzidos com o traço 1:4. Seguindo a mesma indicação das proporções de agregados pela empresa fabricante, adicionou-se 12% de serragem ao preparo, o que levou a conclusão que houve um decréscimo na resistência dos blocos ensaiados.

Os blocos testemunha apresentaram resistência de 4,5Mpa, enquanto os blocos com adição de serragem de Cambará - *Vochysia sp.*, Cedrinho - *Erismia uncinatum Warm.* e Garapeira. - *Apuleia sp.*, apresentaram resistência de 3,04Mpa, 2,18Mpa e 3,62 Mpa respectivamente aos 28 dias de cura. Já os blocos produzidos com a serragem *in natura* (sem tratamento) não apresentaram índices de resistência determinados pela NBR 6136:2016.

Para os tijolos de solo-cimento-serragem o traço proposto foi o mesmo executado pela empresa, porém com a adição de 20% de serragem, 1:5:2,5 (cimento: solo: serragem). Quanto a resistência mecânica o tijolo sem adição de serragem apresentou 2,35Mpa, ao passo que os tijolos produzidos com a serragem de madeira das três espécies apresentaram os seguintes valores Mpa: 1,70 Mpa (Cambará - *Vochysia sp.*), 1,26Mpa (Cedrinho - *Erismia uncinatum Warm.*) e 1,95Mpa (Garapeira. - *Apuleia sp.*). Como a NBR 8491 recomenda valores médios acima de 2,0Mpa, a



produção dos blocos de solo-cimento-serragem não se mostrou viável.

Quanto ao comportamento térmico conclui-se que inserir a serragem de madeira nos blocos de concreto e nos tijolos de solo-cimento conferiu ao material menor amplitude térmica, proporcionando maior conforto térmico. Quando comparado os dois materiais construtivos (blocos e tijolos), o último mostrou-se mais eficiente.

Como sugestões para investigações futuras, recomenda-se 1. Testar diferentes dosagens menores de serragem nos tijolos de solo-cimento; 2. Analisar o ciclo de vida do material elaborado; 3. Desenvolver pesquisas com a serragem de outras espécies florestais da Amazônia e 4. Avaliar o rendimento da produção nos blocos e tijolos com o acréscimo do resíduo madeireiro e os impactos financeiros para o setor.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. P. S.; RODRIGUES, D. A.; CASTELO, P. A. R. Determinação das Propriedades Químicas de Madeiras da Amazônia Meridional. **Scientific Electronic Archives**, Issue ID: Sci. Elec. Arch. 8:1, 2015. Disponível em: <http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=113>.

ALMEIDA, G.; GALONI, A.; MOREIRA, N.J.C.E.; CARVALHO, M. Solo-cimento como alternativa para sustentabilidade e economia na construção de residências populares. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, n. 000193, maio 2020. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/solo-cimento-como-alternativa-para-sustentabilidade-e-economia-na-construcao-de-residencias>

ALMEIDA, H. A. de. **Climatologia aplicada à geografia** (Livro Eletrônico). Campina Grande: EDUEPB, 2016. 6000KB. 317p. Disponível em: <http://http://www.uepb.edu.br/ebooks/>.

AL RIN, K.; LEDHEM, A.; DOUZANE, O.; DHEILLY, R. M.; QUENEUDEC, M.; Influence of the proportion of wood on the thermal and mechanical performances of clay-cement-wood composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 21, issue 4, pages 269-276, aug. 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946599000086?via%3Di%3Dhub#!>

ALVES, D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. Parcerias Estratégicas, nº 12, setembro de 2001. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia Centro de Estudos Estratégicos. **Revista Parcerias estratégicas**. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/176/170](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/176/170).

ALVES, S. M.; PIETROBON, C. L. R.; PIETROBON, C. E. **Determinação da condutividade térmica de materiais da construção civil e sua variação com a umidade e densidade**. V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza. 1999.

ASDRUBALI, F.; SCHIAVONI, S.; HOROSHENKOV, V. A Review of Sustainable Materials for Acoustic Applications. **Building Acoustics**, v. 19, n. 4, p 283–312, . 2012. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1260/1351-010X.19.4.283>

ASHRAE. **Hand book of fundamentals**. Atlanta Publisher: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004:** Resíduos sólidos - classificação. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220:** Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: 2005a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575:** Edifícios habitacionais - Desempenho – Parte 1. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 12118:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio – Parte 4. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136-2014:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria- Requisitos. Rio de Janeiro 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 8492-2012:** Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro 2012.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 332p.

AZEVEDO, A. A. **Legitimação da insustentabilidade?** Análise do Sistema de Licenciamento Ambiental de Propriedades Rurais - SLAPR (Mato Grosso), 2009. 325 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - CDS/UnB, - Universidade Brasília, 2009.

BARBOSA, A. P.; VIANEZ, B. F.; VAREJÃO, M. J; ABREU, R. L. S. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n.12, p.42-61, 2001.

BARBOSA, A. P. **Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de Buriti**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2011. Disponível em: [https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Tese-de-doutorado-\\_fibras-de-Buriti\\_.pdf](https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Tese-de-doutorado-_fibras-de-Buriti_.pdf).

BARITTI, R. N. A; ARAUJO, P. V. J; ALTOÉ, S. P. S. Reaproveitamento do resíduo pó de serra na construção civil. Aplicação em enchimento de lajes pré-fabricadas. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.11, n.3, p. 123-134, set. 2019.

BATISTA, L; STANGERLIN, D. M; MELO, R. R; SOUZA, A. P; SILVA, E.S; PARIZ, E. Resistencia mecânica e composição química de madeiras amazônicas

deterioradas em ensaios de campo. **Madera y Bosques**, v. 27, n. 1, Primavera, 2021.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais da construção**. 5. ed. revisada, Rio de Janeiro: LTC, 2008. 471 p.

BERALDO, A. L.; ARRUDA, A. C.; STANCATO, A. C.; SAMPAIO, C. A. P.; FERNANDES FILHO, O. P.; LEONEL, V. M. Compósito à base de resíduos vegetais e cimento portland. In: Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira, 8., 2002, Uberlândia. **Anais** [...]. Uberlândia: FECIV-UFU, 2002.

BISON. **Wood-cement board**. Berlin: BISON, 1978. 10p. (Bison Report 8).

BONISSONI, R.; MENDOZA, Z. M. S. H.; SILVA, D. D. F.; BORGES, P.H. M. Resíduos Madeireiros em Serrarias de dois Municípios do Médio Norte de Mato Grosso. In: **Anais** Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, 2017. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/papers/residuos-madeireiros-em-serrarias-de-dois-municipios-do-medio-norte-de-mato-grosso>>

BOUGUERRA, A; SALLÉE.H; BARQUIN, F; DHEILLY, R. M; QUÉNEUDEK, M; Isothermal moisture properties of wood-cementitious composites. **Cement and Concrete Research**, v. 29, issue 3, p. 339-347, mar. 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884698002324>.

BRAND, M. A.; KLOCK, U; MUÑIZ, G. I. B.; SILVA, D. A. Avaliação do processo produtivo de uma indústria de manufatura de painéis por meio do balanço de material e do rendimento da matéria-prima. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 4, p.553-562, 2004. Disponível em< <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n4/22604.pdf> >.

BRASIL. **Lei Federal 11.284/2006**. Gestão de florestas públicas para a produção sustentável. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm).

BRASIL. **Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965**. Novo Código Florestal. Disponível: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm). Acesso em: 11 de nov. 2019.

BRAZ, R. L. et al. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia: uma análise da cadeia produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 5, n. 2, p. 168-181, 2014.

BRITO, L. S.; CUNHA, M. E. T. Reaproveitamento de resíduos da indústria moveleira. **Cient. Exatas Tecnol.** Londrina, v. 8, n. 1, p. 23-26, nov. 2009. Disponível em: <http://revista.pgsskroton.com.br/index.php/exatas/article/view/619>.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento e luz: estratégia para projeto de arquitetura**. Trad. Alexandre Ferreira da Silva Salvaterra. 2. ed. Porto Alegre: Brookman, 2004.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.154 p.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.

CARIGNANI, G. et al. **Projeto de Extensão - Resgate Cultural**: o Adobe como técnica vernacular em Barra do Bugres-MT - um relato de experiência. Trabalho apresentado no 3º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo/RS, 2014.

CARVALHO, A. Denominações convencionais para propriedades da madeira. In: CARVALHO, A. **Tecnologia das indústrias da madeira III** – n. 2, v.I. Lisboa. 2007.

CASTELO, T. B. Legislação Florestal Brasileira e políticas do governo de combate ao desmatamento na Amazônia Legal. **Ambiente & Sociedade**, v. XVIII, p. 221-242, 2015.

CASTRO, V. G; PARCHEN, C. F. A; IWAKIRI, S. Produção de painéis madeiramento pelo método de vibro-compactação. **Ciência da Madeira**, v. 9, n. 3, p. 134-142. Disponível em:  
<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/10647/8770>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 474/2016**. Disponível em:  
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=720>.

CONSOLI, O. I; CANTU, A.F. Arquitetura bioclimática como um instrumento Para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis **Revista Orbis Latina**, vl.7, n. 2, Foz do Iguaçu/ PR (Brasil), Edição Especial – Julho de 2017. ISSN: 2237-6976. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/index.php/orbis> e ou <https://sites.google.com/site/orbislatina/>

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE INDÚSTRIA - CIN. **Cadeia produtiva de florestas nativas**. Fórum Nacional de Base Florestal. Brasília: CIN, p. 94, 2017. Disponível em: [http://www.abaf.org.br/wp-content/uploads/2017/11/fnbf\\_seminario-cni.pdf](http://www.abaf.org.br/wp-content/uploads/2017/11/fnbf_seminario-cni.pdf).

COWELL, A. **Documentário a Década da Destruição**. Direção: Adrian Cowell e Vicente Rios. Central Independent Television. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <http://imagensamazonia.pucgoias.edu.br/comentarios.html>

CORDEIRO, L. E. S; NOLASCO, A.M. Resíduos madeireiros: estudo de caso em uma serraria na região norte do Brasil. **Anais eletrônicos do 16º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira/3º Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira**. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – USP, mar. 2018. Disponível em: <http://eventos.eesc.usp.br/ebtramem2018>.

CORRÊA, A. **Justificativa do projeto de lei nº 3058/2002**. Ementa: Obriga a

reposição florestal aos consumidores de matéria-prima florestal, e dá outras providências, 2002.

COSTA, L. T. *et al.* A produção de blocos de concreto confeccionados com rejeitos da construção civil para execução em alvenaria de vedação: a busca por alternativas sustentáveis. **Percursos Acadêmicos**, Belo Horizonte, v. 7, n. 14, jul./dez. 2017.

CUNHA, J. M. P. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Associação Brasileira de Estudos Populacionais, v. 23, n. 1, p. 87-107, jan./jun. 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982006000100006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982006000100006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt).

DALLASTRA, M.; SILVA, A. F.; SPINELLI, R.; DALLACORT, R.; BALZOCHIO, M. S.; KONRAD, O.; Bioclimatic strategies for the city of Tangará da Serra / MT – Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 15, v. 25, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/66379>.

DANTAS FILHO, P. F. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Campinas - 2004;

ECO PRODUÇÃO. **Tijolo ecológico modular**: manual prático. 2021. Disponível em: [http://docs.wixstatic.com/ugd/f90319\\_100e3d56c06a418aa6b4c8714451bd18.pdf](http://docs.wixstatic.com/ugd/f90319_100e3d56c06a418aa6b4c8714451bd18.pdf)

EFENDY, M. G. A; PICKERING, K. L. Comparação de harakeke com fibra de cânhamo como reforço potencial em compósitos. **Compos. peça appl. sci. manuf.**, v. 67, p. 259-267, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359835X14002565>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas) 2016 - 2017**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>

EZERSKIY, V; KUZNETSOVA, N. V.; DENISOVICH, C. A. Evaluation of the use of the CBPB production waste products for cement composites. **Construction and Building Materials**, v. 190, n. 30, nov. 2018, p. 1117-1123. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818323110?via%3Dihub>.

FAN, M. et al. Cement-bonded composites made from tropical woods: Compatibility of wood and cement. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 135-140, nov. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812002917?via%3Dihub>.

FERREIRA, Gustavo Henrique Cepolini. **A obra cinematográfica de Adrian Cowell**: legado de resistências e territorialidades para a Amazônia. 2018. 526 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FERREIRA, M.B.M; SALLES, T. O. A. Política Ambiental Brasileira: Análise Histórico Institucionalista das Principais Abordagens Estratégicas. **Revista de Economia Universidade Federal do Paraná**. v.42, n. 2, maio./ago. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/54001/33016>.

FERNANDES, Idário D. **Blocos e pavers**: produção e controle de qualidade. Ribeirão Preto /SP: Treino Assessoria e Treinamentos Ltda, 2019.

FGV. **Amazônia Legal**: proposta para uma exploração agrícola sustentável. Fundação Getúlio Vargas, 2016. 232 p. Disponível em: [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/17672/Amaz%C3%B4nia\\_Legal\\_Propostas\\_para\\_uma\\_Explora%C3%A7%C3%A3o\\_Agr%C3%ADcola\\_Sustent%C3%A1vel\\_Relat%C3%B3rio\\_Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/17672/Amaz%C3%B4nia_Legal_Propostas_para_uma_Explora%C3%A7%C3%A3o_Agr%C3%ADcola_Sustent%C3%A1vel_Relat%C3%B3rio_Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

FIGUEREDO, G. G; *et al.* Caracterização tecnológica da madeira de *Trattinnickia burserifolia* Mart. Submetida ao tratamento de acetilação. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 4, p. 420-425, jul./ago. 2019.

FILHO, Nivaldo T. de Arruda. *et al.* Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p.894–902, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/pJVhkC5rz3swzCV4xgbCSzt/?format=pdf&lang=pt>

FILHO, S. J. A. A. **Blocos de Concreto para Alvenaria em Construções Industrializadas**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, SP, 2007.

FLORES, G. M. **Geração da base climática de Santa Maria – RS para análise de desempenho térmico e eficiência energética de edificações**. 2014, 114p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria- RS, 2014.

FRANÇA, A. Blocos de Concreto são fabricados com reaproveitamento de madeira. **Imirantes.com**: o portal do Maranhão. Disponível em: <https://imirante.com/sao-luis/noticias/2014/11/28/blocos-de-concreto-sao-fabricados-com-reaproveitamento-de-madeira.shtml>

FRANZEN, D. C; MENDOZA, Z.M.S.H; BORGES, P. H. M; MADI, J. P S; BORGES, D. S. Estudo das Propriedades Físicas e Químicas de Madeiras Provenientes de Espécies Nativas da Amazônia Legal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15, n. 27, p.498, 2018.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2005. 244 p.

GARCIA, F. M. **Rendimento operacional de uma serraria com a espécie Cambará (Qualea Albiflora Warm) na região Amazônica**. 2013, 71 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/99785>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GIVONI, Baruch. **Man, Climate and architecture**. Londres: Applied Science, 1969.

GIVONI, Baruch. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Building**, v. 18, p. 11-23, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037877889290047K>.

GIVONI, Baruch. **Passive and low energy cooling of buildings**. Van Nostrand: Reinhold Publishing Company, 1994.

GONÇALVES, Joana; BODE, Klaus (Orgs.). **Edifício ambiental**. São Paulo, Oficina de Textos, 2015.

GONÇALVES, P. C. et al. **A utilização da cerâmica nas técnicas construtivas em busca da inovação e sustentabilidade**. 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica – Águas de Lindóia, SP, 2016.

GONÇALVES, F. A. de C. et al. Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação Tecnológica e uso em Compósitos. **Revista Espacios**, v. 39, n. 06, p. 12, 2018. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p12.pdf>

HILLIG, E.; SCHNEIDER, V. E.; PAVONI, E.T. Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 292- 303, 2009.

HOMMA, A. K. O. Madeira na Amazônia: Extração, manejo ou reflorestamento? **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 7, p. 147-161, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Instrução Normativa nº 13. de dezembro de 2012**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0013-181212.PDF>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2010 - IBGE. Disponível em: [www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartogramas/relevo.html](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartogramas/relevo.html).

INSTITUTO CENTRO DE VIDA. **A retomada do desmatamento em Mato Grosso: um retrocesso inaceitável**, 2011. Disponível em: <https://www.icv.org.br/2011/05/a-retomada-do-desmatamento-em-mato-grosso-um-retrocesso-inaceitavel/>

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE MATO GROSSO - INDEA-MT. **Noções básicas de anatomia e identificação macroscópica de madeiras**. Cuiabá: INDEA, 2011. 12 p.



INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA - NTE E.080: regulamento. Lima: Nacional Construcciones, 2000. 17 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES)**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO-IPT. **Catálogo de Madeiras Brasileiras Para a Construção Civil**. 2013. Disponível em: [http://www.sindimasp.org.br/conteudo/download/catalogo\\_madeiras.pdf](http://www.sindimasp.org.br/conteudo/download/catalogo_madeiras.pdf).

\_\_\_\_\_. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. Coordenação Augusto Rabelo Nahuz. São Paulo. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Informações sobre Madeiras**, 2019. Disponível em: [http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras3.php?madeira=9](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=9).

IWAKIRI, S; PRATA, J. G. Utilização da Madeira de *Eucalyptus Grandis* e *Eucalyptus Dunnii* na Produção de Painéis de Cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 68-74, jan./mar. 2008.

KENGEN, S. **A política florestal brasileira: uma perspectiva histórica**. I SIAGEF-Simpósio Ibero- Americano de Gestão e Economia Florestal Porto Seguro: IPEF, p. 18-35, 2001.

KINSEL, L. S. **Avaliação do conforto e da energia em edifícios residenciais de Porto Alegre**. 2009. 194f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

KRÜGER, E. L. M. et al. Thermal analysis of wood–cement panels: Heat flux and indoor temperature measurements in test cells. **Construction and Building Materials**, v. 23, issue 6, p. 2299-2305, jun. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061808003437?via%3Dihub>.

LabEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. 2019. Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima Trindade - Florianópolis - Santa Catarina – Brasil. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/>

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2014, 382p. Disponível em: [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf).

LAMBERTS, R; NARANJO, A. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: Apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

LAMBERTS, R; TRIANA, M. A. **Levantamento do estado da arte: energia**. São Paulo, 2007, p 95. Disponível em: [file:///C:/Users/Lab%2022/Downloads/D2-2\\_energia.pdf](file:///C:/Users/Lab%2022/Downloads/D2-2_energia.pdf).

LASVAUX, S.; ACHIM, F.; GARAT, P.; PEUPOORTIER, B.; CHEVALIER, J.; HABERT, G. Correlations in Life Cycle Impact Assessment methods (LCIA) and indicators for construction materials: What matters? **Ecological Indicators**, v. 67, p. 174-182, aug. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X16300103>

LEÃO, E. F. T. **Carta Bioclimática de Cuiabá - Mato Grosso**. 163 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

LEE, S; KIM, S; NA, Y. Comparative analysis of energy related performance and construction cost of the external walls in high-rise residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 99, n. 15, p. 67-74, jul. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778815002765?via%3Dihub>.

LELIS, A.T. (Coord.). **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: IPT, 2001.

LI, Zongjin. **Advanced concrete technology**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

MARTINS, Danilo Gomes. **Influência do tamanho do corpo de prova nos resultados de ensaios de módulo de deformação e resistência à compressão e suas correlações para concretos produzidos em Goiânia-GO**. Goiânia: UFG, 2008.

LIMA, E.G. **Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no polo moveleiro de Arapongas – PR**. 2005. Disponível em: <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf>.

LIMA, M. D. F. **Utilização de resíduos da espécie *Dipteryx polyphylla* (Cumarurana), *Dipteryx odorata* (Cumaru) e *Brosimum parinarioides* (Amapá) na produção de painéis de madeira aglomerada com resina poliuretana à base de óleo da mamona**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Amazonas, 122 p., 2012. Manaus: UFAM, 2012.

LIMA, A. J. M; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos da madeira de *Pinus spp*. Como substituição ao agregado miúdo na produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 223-235, jan.- mar. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/13339>

LOBÃO, M. S.; LÚCIA, R. M. D.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das Propriedades Físico-Mecânicas da Madeira de Eucalipto com Diferentes Densidades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n.6, p.889-894, 2004.

MAIA, J. H; MOURA. M. G. D; MAGALHÃES. A. S.; CASTRO, V.G. Comportamento

colorimétrico da madeira de Maçaranduba tratada com produtos de acabamento. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. especial, p. 767-772, dez. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução no 411, de 06 de maio de 2009**. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/resolucao/2009/Resolucao\\_Conama\\_411\\_2009.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/resolucao/2009/Resolucao_Conama_411_2009.pdf).

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 484 de 22 de março de 2018**. Disponível em: [http://www.in.gov.br/materia//asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436159/do1-2018-03-29-resolucao-no-484-de-22-de-marco-de-2018-8436155](http://www.in.gov.br/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436159/do1-2018-03-29-resolucao-no-484-de-22-de-marco-de-2018-8436155).

\_\_\_\_\_. **Lei n. 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos>.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)

MACHADO, A. O.; ARAÚJO, J. A. **Avaliação de tijolos ecológicos compostos por Lodo de Eta e resíduos da construção civil**. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT - Tema Gestão do conhecimento para a sociedade, 2014.

MACEDO, A. A; ANUNCIATO, K. M. A.. Participação econômica do setor madeireiro no município de Aripuanã-MT e a sua influência na geração direta de emprego e renda. **Revista Científica da AJES**, v. 4, n. 9. 2013 Disponível em: <http://www.revista.ajes.edu.br/index.php/rca/article/view/21>.

MANZANO-AGUGLIARO, F.; MONTOYA, F. G.; SABIO-ORTEGA, A.; GARCÍACRUZ, A. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 49, p. 736-755. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003652?via%3Dihub>.

MARTINS, T. A. L; BITTENCOURT, L. S; KRAUSE, B.L.M.C. Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.12, n. 2, apr./jun. 2012.

MATO GROSSO (MT). Decreto n. 8.189, de 10 de outubro de 2006. Disciplina a Guia Florestal (GF) para o transporte de produtos e, ou subprodutos de origem florestal do Estado de Mato Grosso, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso**, 10 de outubro de 2016.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, J. M. Paulo. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 2 ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MELLO, A. M; THÉRY, H. 2003. **L'état Brésilien et l'environnement em Amazonie**: evolutions, contradictions et conflits. *L'espace géographique*, EG 2003-1, Paris: 3-20.

MENDES, et. al. Potencial de utilização da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* na produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 69-75, jan./mar. 2011. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/315997444\\_Potencial\\_de\\_utilizacao\\_da\\_madeira\\_de\\_clones\\_de\\_Eucalyptus\\_urophylla\\_na\\_producao\\_de\\_paineis\\_cimento-madeira](https://www.researchgate.net/publication/315997444_Potencial_de_utilizacao_da_madeira_de_clones_de_Eucalyptus_urophylla_na_producao_de_paineis_cimento-madeira).

MESQUITA JÚNIOR, L. et al. Compósitos à base de cimento e gesso reforçados com partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência da Madeira**. v. 9, n. 3, p.191-198. Disponível em:

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/12185/8883>.

METALÚRGICA JANUTT. **Forma Bloco Manual Para Fazer Blocos de Cimento**. Disponível em: [https://metalurgicajanutt.com.br/forma\\_manual\\_bloco\\_14x19x39](https://metalurgicajanutt.com.br/forma_manual_bloco_14x19x39).

MILNE, M.; GIVONI, B. **Architectural design based on climate**. Energy Conservation Through Building Design, D. Watson, ed., McGraw-Hill, New York, NY, US, 1979

MOREIRA, P. S. P. **Análise de variáveis meteorológicas em diferentes biomas do estado de Mato Grosso**. 2015, 64 p. Dissertação (Mestrado em Ambientes e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra. 2015.

MOREIRA, S. B. A; SOUZA, L.S.P; MACÊDO, N. A. Comportamento Mecânico à compressão de blocos de concreto para alvenaria compostos com pó de serra em função do tratamento adotado no resíduo. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, v. 12, n. 28, 2011. Disponível em:

[http://madeira.set.eesc.usp.br/article/view/149/pdf\\_162](http://madeira.set.eesc.usp.br/article/view/149/pdf_162)

MORETTI, M. S. **Extração seletiva e produção de madeira nativa no estado de Mato Grosso**. 2018. 151 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. Disponível em:

[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34509/1/2018\\_MarianaSoaresMoretti.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34509/1/2018_MarianaSoaresMoretti.pdf).

MOTTA, J.C.S.S; MORAIS, O.W.P; ROCHA, G, N; TAVARES, J. da C; GONÇALVES, G. C; CHAGAS, M. A; MAGESTE, J. L; LUCAS, T. de P. B. Tijolos de Solo-Cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014. Editora UniBH. Disponível em: [www.unibh.br/revistas/exacta/](http://www.unibh.br/revistas/exacta/)

NAHUZ, M. A. R. **Resíduos na indústria moveleira**. In: III MADETEC, 3º Seminário de produtos sólidos de madeira de eucalipto e tecnologias emergentes para a indústria moveleira. Vitória, set. 2005.

NASCIMENTO, E. P; DRUMMOND, J. A. **Amazônia, dinamismo econômico e conservação ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003.

- NASCIMENTO, C. M. **Estudo da fibra de coco como reforço em tijolo de solocimento**. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15675/1/ClaudioMN\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15675/1/ClaudioMN_DISSERT.pdf)
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.
- NOLASCO, A.M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – Tabebuia cassinoides (Lam.) DC.: caracterização e perspectivas**. 2000. 171p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- NOBRE, J.R.C. et al. **Anatomia da madeira de *Cordia Alliodora* c. (R & P.) Oken e *Cordia Goeldiana* Huber, comercializadas como Freijó na região amazônica**. VII Simpósio de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Viçosa/MG. 2012.
- NORDER, L. A. O Conceito de Restauração de Florestas Nativas no Debate Político e Ambiental em São Paulo (1912-1944). **História Revista**, v. 22, n. 2, p. 121-143, 2017.
- OBONYO, E; EXELBIRT, J; BASKARAN, J.M. Durability of Compressed Earth Bricks: Assessing Erosion Resistance Using the Modified Spray Testing. **Sustainability**, v. 2, p. 3639-3649, 2010. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/2/12/3639>.
- PAGNOSSIN, E. M.; BURIOL, G. A.; GRACIOLLI, M. A. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciên. Biol. e da Saúde, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 149-161, 2001. Disponível em: <http://sites.unifra.br/Portals/36/CSAUDE/2001/influencia.pdf>.
- PARK, J. H; KANG, Y; LEE, J; CHANG, S.G; WI, S; KIM, S. Development of wood-lime boards as building materials improving thermal and moisture performance based on hygrothermal behavior evaluation. **Construction and Building Materials**, v. 204, n. 20, p. 576-585, abril 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819301850?via%3Dihub#!>.
- PCI Mato Grosso. **Produzir, Conservar e Incluir**, 2019. Disponível em: <http://pci.mt.gov.br/voltar-governo-apresenta-instituto-pci-para-fomentar-a-producao-e-conservacao-na-agropecuaria>.
- PERLOVA, E.; PLATONOVA, M.; GORSHKOV, A.; RAKOVA, X. Concept Project of Zero Energy Building Procedia Engineering. **Procedia Engineering**, v. 100, p. 1505-1514, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815005494>

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Paulo: Campus, 2007. Disponível em:  
<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/introducao.pdf>.

PICKERING, C; SALOMÃO, P. E. A; CANGUSSU, L; CARVALHO, P. H. V; Tijolo solo cimento com adição de fibra vegetal: uma alternativa na construção civil. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 9, 2018. Universidade Federal de Itajubá, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560659016007>

PLATAFORMA AGENDA 2030. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>.

POLACHINI, R; DELUSKI, E.C; SANTOS, S.K.F; CLAUDINO, W. V; SILVA, E.P; Mapeamento da Expansão Agrícola no município de Alta Floresta-MT no período de 2008 a 2015. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 5, n. 9; p. 2018.

PONTES, S. M. A; AFONSO, D. G; NASCIMENTO, D. L. Análise comparativa das propriedades físico-mecânicas da madeira de galho e fuste de 02 espécies florestais com potencial madeireiro. In: **Anais 4º Congresso Florestal**; 2012. Curitiba. Paraná: 2012.

PORTAL DA MADEIRA. **Compósito madeira cimento: em que consiste?**. Disponível em: <http://portaldamadeira.blogspot.com/2010/02/composito-madeira-cimento-em-que.html>

PRÉNERON, A. L; AUBERT. J.E.; MAGNIONT. C; TIBOUT.C; BERTRON.A; Plant aggregates and fibers in earth construction materials: a review. **Construction and Building Materials**, v. 111, n. 15, p. 719-734, may 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816301805?via%3Dihub>.

RAMOS, W. F; RUIVO, M. L. P; PORRO, R; CASTRO, R. M. S; SOUSA, L. M. Análise da indústria madeireira na Amazônia: Gestão, uso e armazenamento de resíduos. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais** (Online), v. 43, p. 1-16. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820170057>.

REIS, N. G. **O quadro da arquitetura no Brasil**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2. ed., 1973. p. 21-3.

REMADE. **Madeiras Brasileiras e Exóticas**. 2019. Disponível em: <http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/232/madeiras-brasileiras-e-exoticas/quaruba>.

RIBEIRO, E. S.; SOUZA, R. A. T. M.; PAULA, M. H.; MESQUITA, R. R. S.; MOREIRA, E. L.; FAZION, H. Espécies florestais comercializadas pelo estado de Mato Grosso. **Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 15, n. 2, p.2-20, maio/ago. 2016.

RIBEIRO, E. S.; SOUSA, R. A. T. M; SOUZA, M. D.; DORVAL, A.; COSTA, R.B. Comercialização de Madeira de Florestas Naturais no Estado de Mato Grosso no

Período de 2004 a 2009. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 365-375, out./dez. 2011.

RIBEIRO, E. S. **Propriedades tecnológicas de vinte espécies de madeiras tropicais comercializadas pelo estado de Mato Grosso**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. 2017.

RIUL, M.; RIBEIRO, E. L. Diagnóstico e Diretrizes para a Gestão de Resíduos no APL de Móveis de João Pessoa-PB. UNOPAR Cient. **Exatas Tecnol.**, Londrina, v. 11, n. 1, p. 15-24, nov. 2012. Disponível em: <http://revista.pgsskroton.com.br/index.php/exatas/article/view/466/436>.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, MG, v. 8, n. 2, p. 70-83, 2002.

ROCKSTRÖM, J. P. KAUMBUTHO, J; MWALLEY, A. W.; NZABI, M.; TEMESGEN, L.; MAWENYA, J.; BARRON, J.; MUTUA, S.; DAMGAARD-LARSEN. Conservation farming strategies in East and Southern Africa: Yields and rain water productivity from on-farm action research. **Soil and Tillage Research**. v. 103, ed.1, p. 23-32, abr. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198708001839>.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Um zoneamento bioclimático: para a Arquitetura no Brasil. In: Jornada sobre clima e aplicação na comunidade de países de língua oficial portuguesa, 2., Maceió, AL, 2001. **Anais**. Maceió: UFAL, 2001. p. 1-7.

ROHTER, L. Relentless Foe of the Amazon Jungle: Soybeans. **The New York Times**, 2003. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2003/09/17/world/relentless-foe-of-the-amazon-jungle-soybeans.html>.

SABLE, I.; GRINFELDS, U.; VIKELÉ, L.; ROZENBERGA, L.; ZEPS, M.; LUGUZA, S.; Thermal Insulation from Hardwood Residues. IOP Conference Series: Materials **Science and Engineering**, v. 96, 2015 Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012027/pdf>.

SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNADEZ, P. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99, out./dez. 2012.

SANTANA, O.L; CARLO, C.J.; SILVA, B.L.; SANTOS, M.D. Impacto da geometria de edificações sobre o desempenho térmico de acordo com o método prescritivo do RTQ-R. **Oculum Ensaios – Revista de arquitetura e urbanismo**, v.16, n.1, PUC-Campinas, 2019.

SANTOS, A.S.A. **Utilização de casca de café na construção civil: desempenho térmico em edificações com enfoque na sustentabilidade e reaproveitamento de**

resíduo agrícola. 2020. Tese (Mestrado Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Lajeado-RS, 2020.

SCOLFORO, J. R. S; PULZ, F. A, MELLO, J. M; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Revista Cerne**, v. 2, n. 1, p.112-137, 1996.

SEMA. **SISFLORA**. 2018. Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/portalsisflora>.

SERAFIM, G; REMOR, R; FENATO, C. S. P. M. Estratégias bioclimáticas para projeto arquitetônico na cidade de Umuarama – PR. **Akrópolis**. Umuarama, v. 25, n. 2, p. 91-101, jul./dez. 2017.

SFB - Serviço Florestal Brasileiro-SFB; Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia–IMAZON (Orgs.). **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém: SFB; Imazon, 2010.

SINDUSMAD. Sindicato das Indústrias Madeireiras do Norte de Mato Grosso. 2021. Disponível em: <https://www.sindusmad.com.br/Noticias/Setor-florestal-da-regiao-noroeste-tem-potencial-de-geracao-de-energia-de-14-ton/>

SILGUEIRO, V. et al. Mapeamento da ilegalidade na exploração madeireira em Mato Grosso entre agosto de 2013 e julho de 2016. **Transparência Florestal Mato Grosso**, n. 9, ano 6, fev. 2018. Disponível em: [https://www.icv.org.br/wpcontent/uploads/2018/02/TF\\_9\\_IlegalidadeexploracaomadeiraMT.pdf](https://www.icv.org.br/wpcontent/uploads/2018/02/TF_9_IlegalidadeexploracaomadeiraMT.pdf) .

SILVA, D. S. N. D; BORGES, L.A.C.; SILVA, G.D.D.N.D. **Gestão Sustentável das florestas públicas no Brasil (Lei 11.248/06)**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, p. 152-167, 2012. Disponível em: [https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/download/296/295](https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/download/296/295).

SILVA, G. *et al.* **Determinação de compostos tóxicos em resíduos madeireiros**. XII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPNCNPq. Manaus, 2003. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/123/6677/1/Gabriela%20Alves%20da%20C%20Silva.pdf>.

SILVA, J. I. M. **Análise florística e estrutural de uma área de manejo florestal no Amazonas: estudo de caso de *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez.** 2019. Dissertação (Mestrado – Programa de pós graduação em botânica) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – IMPA. Manaus, 2019.

SILVA, V. G. da; PARDINI, A. F. Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED™ no Brasil com base em dois estudos de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 81-97, jul./set. 2010.

SIMIONOVSKI, C. S. **Variação de recursos financeiros com a aplicação do regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios**



**comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C) na fase de projeto de uma biblioteca padronizada de um instituto federal.** 2018. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Caxias do Sul, 2018.

SOUZA, M.R. **Durability of cement-bonded particleboard made conventionally and carbon dioxide injection.** 1994. 123p. Tese (Doctor of Philosophy) - University of Idaho, Idaho, 1994.

SPINELLI, R.; CAMBEIO, F. P.; KONRAD, O. Estudo de materiais naturais para aplicação em isolamento térmico de edificações. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.3, p.121-135, 2018.

SPINELLI, R.; KONRAD, O.; CAMBEIRO, F. P.; AHLERT, E.; SPINELLI, F. B.; QUADROS, E. A. Bioclimatic strategies for the city of Lajeado/RS-Brazil, using data analysis of regional climate. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 13, v. 21, jul/dez, 2017. Disponível em:  
<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/50554>.

SPINELLI, R.; ALVES, A.; KONRAD, O. Cidade e Edificações: a busca por um novo modelo. **Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 5, n. 4, p.173-186, 2013.

SUSIN, Felipe. **Caracterização e secagem da madeira de 12 espécies amazônicas.** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, RS, 2018.

TELES, R. F; COSTA. A. F. Influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de Angelim pedra. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 02, p. 65-70, abr./jun. 2014.

TITTELEIN, P. et al. Design of a low-density wood–cement particleboard for interior wall finish. **Cement and Concrete Composites**, v. 34, issue 2, p. 218-222, fev. 2012. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946511001867?via%3Dihub>.

THUALT, A. Articulação das políticas públicas, o caso do repasse de gestão florestal no Mato Grosso: primeiros resultados de pesquisa. In: **Projeto Diálogos: ICV**, 2006, 45 p. Disponível em: [https://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/articulacao\\_das\\_politicas\\_publicas\\_oct2006pdf.pdf](https://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/articulacao_das_politicas_publicas_oct2006pdf.pdf).

THOMAZ, C. F. **Caracterização anatômica macroscópica e dimensionamento de fibras de madeira folhosas com potencial para polpa celulósica.** TCC (Monografia em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop. 2019.

TULLIO, L. **Gestão de resíduos sólidos.** v. 1 Ponta Grossa/PR: Atena, 2019. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/03/E-book-Gest%C3%A3o-de-Res%C3%ADduos-Sol%C3%ADdos-1.pdf>.

VEIGA, S. N. **Inferência da densidade da madeira estimada por esclerometria**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2014.

VIEIRA, A. A. **Bioconstrução**: uma revisão bibliográfica do tema e uma análise descritiva das principais técnicas. 2015. 47p. Projeto final em Gestão Ambiental - Faculdade UnB de Planaltina Universidade de Brasília. Planaltina – DF, 2015.

VILLAS-BÔAS, B. T.; IWAKIRI, S.; PARCHEN, C. F. A. Produção e caracterização de blocos vazados de cimento-madeira de baixa densidade para construção civil. **Scientia Forestalis**, v. 48, n.126, e 3177. (2020). Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr126/2318-1222-scifor-48-126-e3177.pdf>

VILLARROEL, L.C.L; **Mudança Institucional e novas imagens de políticas florestais**: experiências estaduais na Amazônia Brasileira. 2019. 208p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Programa de Pós-Graduação Brasília, 2019.

VO, T. T. L.; NAVARD, P. Treatments of plant biomass for cementitious building materials – A review. **Construction and Building Materials**, v. 121, n. 15, p. 161-176, sep. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816308613?via%3Dihub#!>.

WANG, L; CHEN. S.S; .TSANG, D.C.W; POON. C. S; SHIH, K. Value-added recycling of construction waste wood into noise and thermal insulating cement-bonded particleboards. **Construction and Building Materials**, v.125, n. 30, p. 316-325, out. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816313162?via%3Dihub>.

WEI, K.; LV, C.; CHEN, M.; ZHOU, X.; DAI, Z.; SHEN, D. Development and performance evaluation of a new thermalinsulation material from rice straw using high frequency hot-pressing. **Energy and Buildings**, v. 87, p.116–122, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778814009578?via%3Dihub>.

ZACH, J.; HROUDOVÁ, J.; BROZOVSKY, J.; KREJZA, Z.; GAILIUS, A. Development of Thermal Insulating Materials on Natural Base for Thermal Insulation Systems. **Procedia Engineering**, v. 57, p. 1288–1294, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813008953>.

ZAQUE, M. A. L.; MELO, R. R.; STANGERLIN, M. D.; SERENINE, J. L. Diagnóstico da comercialização de madeira serrada no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 607-612, set./out. 2019.

ZAQUE, M.A.L; **Madeiras do estado de Mato Grosso**: identificação, comercialização e utilização. 2018. 135 p. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso - Faculdade de Engenharia Florestal. Cuiabá, 2018.