



EIXO TEMÁTICO:

- | | | |
|---|---|--|
| ☒ Ambiente e Sustentabilidade | ☐ Crítica, Documentação e Reflexão | ☐ Espaço Público e Cidadania |
| ☐ Habitação e Direito à Cidade | ☐ Infraestrutura e Mobilidade | ☐ Novos processos e novas tecnologias |
| ☐ Patrimônio, Cultura e Identidade | | |

O Impacto da Aplicação da Madeira na Habitação

The Impact of Application of Wood in Housing

El impacto de la aplicación de la Madera en la Vivienda

MEIRELLES, Célia Regina Moretti (1);

SANT'ANNA, Silvio Stefanini (2);

SANTOS, Sabrina Maria (3)

(1) Professora Doutora, Universidade Presbiteriana Mackenzie, UPM, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, SP, Brasil; email: cerellesm@gmail.com

(2) Professor Doutor, Universidade Presbiteriana Mackenzie, UPM, São Paulo, SP, Brasil; email: silvios@mackenzie.com

(3) Aluna de Graduação, Universidade Presbiteriana Mackenzie, UPM, São Paulo, SP, Brasil; email: sabrina.ma.stos@gmail.com

O Impacto da Aplicação da Madeira na Habitação

The Impact of Application of Wood in Housing

El impacto de la aplicación de la Madera en la Vivienda

RESUMO

O presente trabalho faz uma análise das tecnologias aplicadas a arquitetura em madeira, devido a construção em madeira ser considerada, um dos pontos mais relevantes na minimização das mudanças climáticas na convenção internacional realizada no Rio Janeiro a ECO - 92. A pesquisa avalia o impacto do edifício na minimização dos gases de efeito estufa e discute conceito de ciclo de vida da produção da madeira nativa e de aplicação de seus elementos na construção de uma Habitação unifamiliar, seguindo a metodologia *Cradle to Gate*, do berço à entrada. Portanto avalia os impactos no processamento da madeira e as das emissões realizadas no transporte entre as unidades produtoras no Amazonas até a cidade de São Paulo. A pesquisa comprova a alta capacidade da madeira na minimização dos efeitos climáticos, demonstra que é um material sustentável, e discute a importância do meio acadêmico Brasileiro, conhecer as características da madeira para a produção de um projeto de arquitetura, adequado ao local, confortável e durável, resgatando a produção de habitações em madeira com qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: madeira, ciclo de vida, manejo, sustentabilidade

ABSTRACT

*This study analyzes the technologies applied to architecture in wood, because the potential of wood, in reducing greenhouse gases and climate change, highlighted in the international convention held in Rio de Janeiro ECO-92. The research assesses the impact of the building in reducing greenhouse gases and discusses the concept of life cycle of native timber production and application of its elements in the construction of a single family residence, following the methodology *Cradle to Gate*. Therefore evaluates the impacts on wood processing and emissions made in transportation between producing units in the Amazon to the city of São Paulo. The research demonstrates the high capacity timber in reducing climate impacts, shows that it is a sustainable material, and discusses the importance of the Brazilian academia, know the characteristics of wood for producing an architectural design, suitable for the location, comfortable and durable, rescuing the production of timber houses with quality.*

KEY-WORDS: wood, life cycle management, sustainability

RESUMEN

Este estudio analiza las tecnologías aplicadas a la arquitectura en madera, debido a estos tipos de construcciones son considerados uno de los puntos más relevantes de la mitigación del cambio climático en la convención internacional que se celebró en Río de Janeiro ECO-92. La investigación evalúa el impacto del edificio en la reducción de gases de efecto invernadero y se analiza el ciclo de vida en la producción de madera nativa y la aplicación de sus elementos en la construcción de una vivienda unifamiliar, de acuerdo con la metodología de la cuna a la puerta. Por lo tanto, la evaluación de los impactos en la transformación de la madera y de las emisiones realizadas en el transporte entre las unidades productoras en el Amazonas a la ciudad de São Paulo. La investigación demuestra la madera de alta capacidad en la reducción de los efectos del clima y por lo tanto es importante que la producción sostenible de madera, permite al académico para conocer las características de la madera para el desarrollo de un lugar adecuado, cómodo y arquitectura de diseño durable, rescatar la producción de casas de madera con calidad.

PALABRAS CLAVE: madera, gestión del ciclo de vida, la sostenibilidad



1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o sexto país do mundo em florestas nativas, ficando atrás de países como Canadá, Finlândia e Rússia. De acordo com Veríssimo (2008), a área de florestas do Brasil representa “5,5 milhões de Km² (...) deste total 60% são florestas tropicais e estão situadas na Amazônia legal”. As regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste apresentam florestas não nativas em madeira de reflorestamento.

Ao longo dos últimos cinquenta anos o descaso com o setor florestal Brasileiro, em especial na região Amazônica, está associado a falta de um desenvolvimento tecnológico e a falta de incentivos fiscais, fazendo com que os setores envolvidos com a produção da madeira nativa ficassem totalmente marginalizados. A produção da madeira nativa era realizada com mão-de obra-muito barata, sem planos de gestão para a extração da madeira, em geral com áreas exploradas até seu esgotamento total. A exploração sempre ocorreu, sem uma preocupação com o impacto ambiental e com a vida existente em torno da floresta, sobre o microclima local, entre outros. Em geral, essas áreas são abertas para a ampliação de áreas agrícolas, para a criação de gado, soja, etc., sua abertura muitas vezes ocorre por meio de queimadas ou de exploração até seu esgotamento.

A madeira nativa ainda é aplicada em processos que não incorporam um valor agregado como em “formas, tapumes, barracos”, associados a processos tecnológicos da produção de edifício em concreto armado, e descartados com subprodutos. (AFLALO, 2011)

A partir da convenção da ONU, a Agenda 21 realizada no Brasil em 1992, ocorreu uma grande valorização dos materiais renováveis como uma forma de minimização dos efeitos climáticos, devido a sua capacidade de resgate e fixação de gás carbono, portanto a madeira passa a ser considerada um dos materiais de menor impacto ambiental. A sustentabilidade do planeta depende diretamente de processos construtivos que minimizem o impacto sobre o meio ambiente e socialmente justo. (SVMA, 1997)

O trabalho envolve as pesquisas do grupo Sistemas Construtivos na Arquitetura Contemporânea, e faz parte de uma pesquisa mais ampla que envolve a aplicação da madeira na arquitetura desde 2005.

Nas primeiras pesquisas o grupo levantou diferentes técnicas construtivas em madeira aplicada a Habitação, a partir desta foi realizado um projeto de arquitetura para um pequeno módulo habitacional chamado de Habitáculo, um projeto que adapta a diferentes localidades, de fácil montagem, de caráter emergencial e sustentável. Foi definido e o levantamento do quantitativo de materiais aplicados a casa em madeira nativa, dos painéis de vedação, do concreto, entre outros, etc.

A presente pesquisa avalia uma parte do ciclo de vida da madeira nativa, seguindo a metodologia *Cradle to Gate*, do berço à entrada, da produção até a entrega da madeira. Discute as etapas do processamento da extração da madeira, o estoque de carbono e emissões realizadas no transporte entre as unidades produtoras no Amazonas até a cidade de São Paulo. A pesquisa aborda o impacto da produção da estrutura de uma unidade habitacional em madeira nativa.

O método adotado na pesquisa

- Revisão da literatura abordando conceitos de ciclo de vida, os processos de exploração da floresta nativa, o manejo e o novo código florestal.
- Análise do processo de produção de empresas que atuam com manejo sustentável
- Levantamento parte do ciclo de vida da madeira nativa, *Cradle to Gate*, do berço à entrada: as etapas de produção da madeira nativa por manejo; analisa o impacto do processamento da madeira nativa, o estoque de carbono e as emissões realizadas no transporte entre as unidades produtoras no Amazonas até a cidade e São Paulo.

2 AS TÉCNICAS E MATERIAIS APLICADOS A PRODUÇÃO DE HABITAÇÃO EM MADEIRA

As técnicas construtivas em madeira no Brasil foram trazidas de vários locais do mundo e era passada de pai para filho, uma carpintaria que exige um conhecimento técnico e destreza para manipular as ferramentas. A partir da consolidação do concreto armado e da alvenaria cerâmica no Brasil, a madeira foi perdendo espaço para o sonho de uma casa de material e a passagem do conhecimento técnico foi sendo degenerado, em especial em locais mais isolados assim como na produção de uma habitação de baixo custo no Paraná ou as casas em palafitas no Amazonas. Casas produzidas em um único volume, com telhado de palha, fibrocimento, ou Zinco, sem beirais, com a vedação compostas tabuas pregadas com ripas na direção vertical, sem varandas, estes fatores diminuem a durabilidade e qualidade da habitação em madeira ao longo da vida do edifício. (ZANI, 2003)

Entretanto, nos últimos vinte anos a madeira vem sendo resgatada no Brasil, com alguns exemplos pontuais reconhecidos internacionalmente como a casa do engenheiro Hélio Olga, devido a sua qualidade, beleza, e criatividade. A casa é projeto do “arquiteto Marcos Acayaba” na cidade de São Paulo, construída em um terreno de grande declividade. O edifício demonstra que é possível construir em madeira nativa com qualidade, a partir de um conhecimento técnico e de um sistema de produção adequado ao tipo de madeira (AFLALO, 2005).

Figura 1: casa Hélio Olga



Fonte: dos Autores

Veríssimo (2006) afirmou que o desenvolvimento tecnológico do Brasil no setor de florestas nativas “encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento tecnológico em uma situação quase oposta ao setor de florestas plantadas caracterizado pelo uso de modernas tecnologias e fortemente capitalizadas”, desenvolvimento que nasce a partir do protocolo de Quioto com incentivos em investimentos e desenvolvimento tecnológico de produtos e processos gerados a partir das florestas plantadas.

Hoje vivemos um momento de transição, mas não devemos esquecer que em um passado recente no Brasil a madeira era subutilizada e descartada. Não devemos deixar de conhecer e trabalhar com as madeiras da floresta nativa, devemos conhecer cada vez mais, para promover o desenvolvimento tecnológico de produtos derivados da floresta nativa de forma racional, através de manejo sustentável e controle rigoroso sobre o desmatamento, além de promover a economia das comunidades locais. (AFLALO, 2005)

No Brasil, nos últimos 10 anos, está ocorrendo uma grande transformação no processo de produção de produtos derivados da madeira produzidos a partir da madeira de reflorestamento, surgiram novas indústrias voltadas para a produção de painéis, com novas tecnologias, e uma renovação das indústrias de madeira laminada para a construção civil. Nos últimos 5 anos, mais de 3 novas indústrias de madeira laminada se instalaram no estado de São Paulo, como a própria Ita Construtora, a Calil, a Rewood, etc. O desenvolvimento se deve ao grande potencial de captação e fixação do carbono na madeira de reflorestamento, devido ao seu rápido crescimento, mas também é a mudança de paradigma da sociedade com um novo olhar sobre os processos construtivos mais sustentáveis. A imagem 2a mostra o galpão industrial com pórtico de madeira laminada colada da Ita Construtora Ltda., e a 2 B a colagem das vigas de madeira laminada.

Figura 2 A: indústria de madeira laminada ITA Construtora. 2 B: vigas de madeira laminada



Fonte: dos Autores

Na Europa o desenvolvimento da indústria da madeira laminada propiciou um grande avanço no desenvolvimento da indústria e componentes para a construção civil permitindo diferentes composições e possibilidades inusitadas de aplicação no projeto. Atualmente um dos países que mais se destaca na fabricação da madeira laminada é a Áustria, entre eles está o arquiteto Hermann Kaufman que aplica a madeira laminada com projetos diferenciados, apresentando um alto nível de precisão e tecnologia.

3 O CONCEITO DO MANEJO

Uma das maiores especialistas sobre a Amazônia, Bertha Bercker mostra a importância de métodos produtivos sustentáveis, como forma de agregação de valor e de exploração dos recursos naturais da Amazônia. (BECKER, STENNER, 2008) Bercker (2009), afirma que a Amazônia sempre foi explorada e

...utilizada para extrair recursos e manda-los para fora, como se fosse um almoxarifado sem fim. Nada sobra para a região. A posição que defendo é que se implante outro modelo de exploração do patrimônio natural, uma nova perspectiva que tenha como base a ciência e a tecnologia. O que sempre ocorreu historicamente foi a exportação de recursos naturais, sem agregação de valor. Primeiro, para o mercado europeu. Depois, para o americano, como o que houve com a borracha. Isso não cabe mais no século 21. Mas o problema é que a região ainda vive a forma de produção do século 19, em que companhias de mineração queimam a mata para fazer carvão. Precisamos de empresas modernas, de tecnologias avançadas e de grandes investimentos. Mas sempre articulados com a questão ambiental e, sobretudo, social. Existem mais de 20 milhões de pessoas que moram lá e vivem mal, porque os recursos são sempre explorados de forma a mandar as riquezas para fora da região onde é produzida. (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2012)

O manejo sustentável é uma forma de agregação de valor aos produtos da floresta, outra é a produção de elementos construtivos, como a madeira a laminada e a produção de painéis, etc.

O principal impacto sobre a floresta Amazônica, o desmatamento, ocorreu nos anos 90, com uma taxa de crescimento da pecuária em 140 %, levando o governo Federal a inserir um decreto no código florestal de 28/09/1998 que estabeleceu pela primeira vez que exploração

das florestas primitivas da bacia amazônica (...) somente será permitida sob a forma de manejo florestal sustentável.

A partir de 2004 começa a diminuir a devastação das áreas plantadas, mas somente a partir de 2006 (Lei nº 11.284, de 02/03/2006) é que a adoção do manejo florestal em escala, começou a ocorrer na região Amazônia, desde que aprovadas estudos dos impactos ambientais e de gestão do manejo. (VERÍSSIMO, 2006).

O novo código florestal incorpora a definição de manejo sustentável no inciso VII do artigo 3º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

Manejo sustentável: administração da vegetação natural 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 ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços

O conceito de manejo sustentável define uma exploração controlada, que depende do plano de impacto ambiental aprovado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). O plano prevê um estudo de impacto ambiental de todas as etapas envolvidas na exploração da madeira. O projeto deve conter uma análise de espécies existentes na área, do número estimado de árvores de cada espécie, o número estimado de árvores para extração levando em conta a idade e o diâmetro mínimo, a idade, a capacidade de capturar carbono, entre outros fatores. Uma pequena quantidade de cada espécie, as mais antigas, são retiradas de modo a permitir a entrada da luz e a renovação da floresta. As experiências realizadas pelo IMAFLORA comprovaram que desta forma micro clima criado permite a renovação da floresta nativa muito mais rápido. Após o corte, uma nova árvore da espécie nativa é plantada no local. (IMAFLORA, 2008)

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

A pesquisa pretende avaliar a parte do impacto do edifício construído em madeira nativa sobre o meio ambiente, seguindo a metodologia *Cradle to Gate*, do berço à entrada, levantando as etapas de extração e produção da madeira e seu o transporte até a cidade de São Paulo.

O projeto de pesquisa em sua primeira fase levantou as principais técnicas construtivas em madeira, a partir desta foi proposto um projeto de um pequeno módulo habitacional chamado por nós de Habitáculo, racionalizado, de fácil montagem, de caráter emergencial, sustentável, relacionando o homem com a natureza. O projeto de habitação unifamiliar tem aproximadamente 50 m², de localização indefinida e possibilidades ilimitadas de implantação. A proposta programática da casa contempla o espaço para duas pessoas, um dormitório, um banheiro, uma cozinha, uma sala e varandas.

Buscando aplicar os conceitos de racionalização o módulo inicial foi definido, como múltiplo de 60 cm, em função das dimensões de aplicação dos painéis vedação e fechamentos. As preocupações do grupo buscavam desenvolver um projeto que associa o projeto arquitetônico e o processo construtivo, com base nas premissas do equilíbrio triangular da sustentabilidade: o ambiental, social e econômico. Decorrente das análises dos sistemas construtivos e contextualizando-os frente às condições climáticas e florestais brasileiras foi adotado um sistema misto, com estrutura portante em vigas e pilares em madeira nativa, e os painéis de vedação independente com estrutura interna similar ao sistema *wood frame*. O sistema misto

permite que enquanto a estrutura é montada no local da obra os fechamentos são realizados nas indústrias.

A área social é composta da sala com pé direito duplo, transmitindo uma amplitude do espaço ao seu usuário. O mesmo recurso foi utilizado para ampliar o espaço do dormitório com varandas. A construção foi elevada do solo e apoiada em pilotis de concreto de modo à madeira ter um a menor contato possível com o concreto e mantendo a permeabilidade. A durabilidade da madeira é garantida pelos grandes beirais.

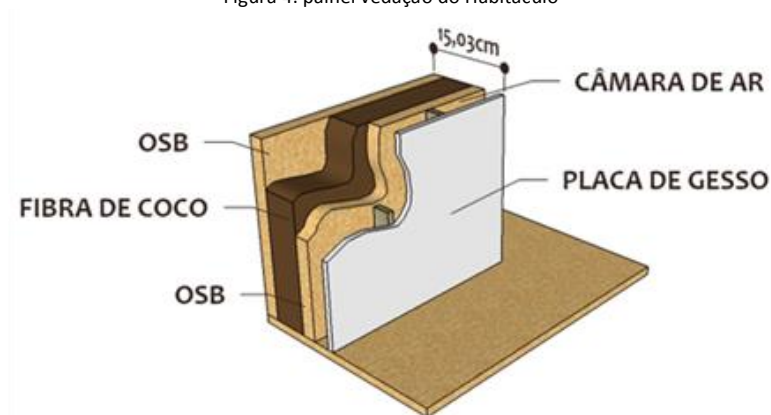
Figura 3: O Habitáculo



Fonte: dos Autores

No revestimento final foi adotado o painel OSB *Oriented Strand Board*, visando uma racionalização e a maior durabilidade dos painéis. A independência, dos painéis de vedação da estrutura portante permite diferentes composições, tanto de posicionamento, como de aberturas, etc., possibilitando, que o projeto das vedações possa se ajustar as necessidades e desejos dos usuários, portanto permitindo a identidade de cada morador com a própria casa. Na composição da parede em uma segunda pesquisa foi adotado um isolante com material renovável, a fibra de coco entre os painéis OSB, e gesso na camada interna do edifício.

Figura 4: painel vedação do Habitáculo



Fonte: dos Autores

Segundo Keeler; Burke (2010) *apud* ISO 14040 (2006), as metodologias do ciclo de vida, incorporam as regras das normas ISO 14040. A norma analisa o impacto ambiental de processos e produtos e recomenda as etapas: “objetivo e escopo, análise do inventário,

avaliação do impacto e a interpretação dos resultados”. As metodologias do ciclo de vida podem determinar diferentes amplitudes e abordagens. Na metodologia *Cradle to Gate*, do berço à entrada, analisa desde o processo de produção dos materiais até a sua entrega nos centros de distribuição. A metodologia *Cradle to Grave*, do berço ao túmulo, tem uma maior amplitude e avalia os impactos da produção dos materiais, os impactos durante a construção dos edifícios, o impacto da energia gasta ao longo da vida útil da edificação, e sua a demolição. A metodologia *Cradle to Cradle*, de berço ao berço, considera todas as etapas avaliadas no *Cradle to Grave* mas incorpora o reuso do material. (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002)

Neste trabalho, foi realizado a avaliação do impacto sobre o meio ambiente da produção da madeira nativa, utilizada no Habitáculo, com 7,24 m³ de madeira por unidade de habitação. A metodologia de ciclo de vida aplicada nesta etapa de pesquisa, considerou a metodologia *Cradle to Gate*, de Berço à entrada, avaliando a produção da madeira nativa extraída da região Amazonas, a produção dos componentes estruturais e transporte até São Paulo.

A análise da produção da madeira partiu do levantamento de empresas que empregam e aplicam manejo sustentável no seu processo produtivo. O conceito do ciclo de vida parte levantamento do inventário e avaliação do impacto. O inventário da madeira nativa envolve diversas atividades e setores desde o planejamento, a extração da madeira por manejo florestal sustentável, a industrialização da madeira, seu transporte e distribuição. Tomando como referência a empresa Amata que atua com manejo sustentável e tem duas grandes áreas no Amazonas uma na região do Jamari, entre o acre e Roraima uma área de concessão pública e uma área privada em Itacoatiara no Maranhão.

No primeiro momento, as empresas que utilizam o manejo realizam um inventário dos recursos disponíveis para a produção anual nas chamadas de UPA (Unidades de Produção) e um estudo do impacto ambiental sobre a floresta e a biodiversidade, sobre as águas, estudos sociológicos e antropológicos, produzindo um relatório de impacto ambiental o EIA/RIMA. A partir de um estudo por Geoprocessamento, é realizado o inventário com um planejamento das espécies a serem retiradas visando o menor impacto.

Após o planejamento é realizado um mapa para a construção de pequenas trilhas e pátios. O planejamento deve prevenir o impacto ambiental, com a extração da madeira realizada por trilhas, para pequenos tratores e guinchos, que levam as toras até os pátios de manobras. Depois as toras são transportadas em caminhões ou barco por pequenas estradas até as vias de acesso de transporte principal. A empresa fica responsável pelo inventário da operação de corte, e das ações para minimizar o impacto ambiental com a criação de mudas e também por replantar as mudas no local da retirada.

No processo de industrialização da madeira, as toras são levadas para a serraria, onde será realizado o desdobro e secagem. No desdobro, a retirada das peças na tora pode ser realizada com equipamentos primários como a serra de fita, ou até com corte a laser. Em geral é realizado um estudo de otimização da retirada das peças na tora, minimizando os desperdícios. O processo envolve ações conjuntas, trabalhadores com equipamentos de segurança, educados para a operação. A figura 5 mostra as etapas mais relevantes da extração da madeira nativa, com base em empresas que atuam com manejo sustentável.

Figura 5: ciclo de vida do Manejo da madeira nativa



Fonte: Adaptado da empresa AMATA

A secagem da madeira por processos naturais, expostas ao livre, leva uma média de 120 dias até 12 meses, dependendo das dimensões das peças, da espessura, da densidade da madeira, da forma e exposição das peças sol e vento. A secagem por estufa convencional leva de 20 a 120 dias, aquecida por vapor e caldeira. Uma nova tecnologia que está se instalando no país é a secagem por micro-ondas que pode reduzir para um tempo entre seis a dez dias. No Amazonas, algumas empresas utilizam os próprios resíduos de madeira para gerar a energia necessária para abastecer as estufas. Em geral, aplica-se uma técnica mista com uma pré-secagem ao ar livre, associada a uma secagem por estufas. A secagem ao ar livre pode ser acelerada se ocorrer em área aberta, mas coberta e no empilhamento, intercalando espaçadores, para permitir a passagem do ar entre as peças de madeira. A maior parte das serrarias da floresta nativa do Amazonas utiliza a secagem por processos naturais em galpões cobertos, mas abertos ou no ar livre. (MARTINS, 1988)

O estudo do ciclo de vida do edifício deve observar o potencial de estoque inicial de CO₂, mas avaliar as emissões devido aos processos aplicados na produção da madeira, como as energias gastas e emissões no desdobro e secagem, além de avaliar as emissões devido ao transporte, para trazer a madeira nativa da região Amazônica até São Paulo.

As madeiras nativas com alta densidade, como a Itaúba, e o Jatobá, incorporam “em sua biomassa 400 C, o que equivale 1466 Kg de CO₂ por m³.” (CAMPOS, 2012)

Na Habitáculo aplicamos 7,24 m³ de madeira nativa, inicialmente teremos um estoque 10,6 toneladas de CO² por casa. Na análise consideramos as unidades produtoras de madeira nativa, em três localidades. As unidades de Rondônia e Acre com distância 2959 Km, e no Amazonas em Itacoatiara com distância de 3840 Km e em Belém do Pará com distância de 2903 Km. A pesquisa utilizou como ferramenta o google Maps para determinar as distâncias de carro entre as unidades produtoras e a cidade de São Paulo. Calculamos as emissões de CO² para as distâncias de 2900 km e 3840 km, e consideramos as emissões de transporte com o diesel. Consideramos a emissões de CO² em 2799 g de CO² por litro de combustível, como adotado no trabalho de Erika Ferraz de Campos (2012), e o rendimento de combustível para veículos de carga pesada como 31,5 L cada 100 km, valor apontado no Relatório Nacional para Gases de Efeito Estufa para Veículos Automotores pelo Ministério do Meio Ambiente (2011). Para fazer uma estimativa mais próxima do real, buscamos um veículo Volvo VM 6X4R com capacidade de carga de 13,9t. Calculamos que um caminhão cheio, em 2900 km irá emitir 2577 Kg de CO². Considerando que serão transportadas duas casas por caminhão, teremos a emissão devido a transporte de 1288 Kg de CO² por casa. Com a distância maior de 3840 km adotamos o mesmo procedimento, a emissão por caminhão será de 3412 kg de CO² e 1706 de Kg de CO² emitido por casa.

Tabela 1:

TOTAL METRAGEM CÚBICA DO HABITÁCULO (m³)	7,24
TONELADAS DE MADEIRA UTILIZADA NO HABITÁCULO (t)	6,95

ESTOQUE INICIAL DE CO₂ SEM O TRANSPORTE DA MADEIRA NATIVA (metragem cúbica do habitáculo x 1466 Kg de CO ₂ por m ³ , que equivale a 400Kg de C por m ³)	10.614,00
EMIÇÃO DE CO₂ NA SECAGEM (em Kg de CO₂) (metragem cúbica do habitáculo x 216 Kg de CO ₂ emitidos por m ³)	1.564,00
EMIÇÃO DE CO₂ NO TRANSPORTE (em Kg de CO₂) Veículo Volvovlo VM 6x4R - capacidade de carga: 13,9t (capacidade para transporte de dois habitáculos) Dado A: distância média do trajeto de Rondônia até São Paulo: 2900Km Dado B: Rendimento do caminhão: 3,15Km/L (veículo de de carga pesada) Dado C: Emissão de CO ₂ do diesel: 2799g de CO ₂ /L (segundo CAMPOS, 2012) Emissão de CO ₂ no transporte = (((Dado A ÷ Dado B) x Dado C) ÷ 1000) ÷ 2	1288,50
ESTOQUE LÍQUIDO DE CO₂ APÓS O TRANSPORTE DE RONDÔNIA ATÉ SÃO PAULO (em Kg de CO₂)	7.761,50
ESTOQUE LÍQUIDO DE CO₂ APÓS O TRANSPORTE DE RONDÔNIA ATÉ SÃO PAULO (em T de CO₂)	7,76

ESTOQUE INICIAL DE CO₂ SEM O TRANSPORTE DA MADEIRA NATIVA (metragem cúbica do habitáculo x 1466 Kg de CO ₂ por m ³ , que equivale a 400Kg de C por m ³)	10.614,00
EMIÇÃO DE CO₂ NA SECAGEM (em Kg de CO₂) (metragem cúbica do habitáculo x 216 Kg de CO ₂ emitidos por m ³)	1.564,00
EMIÇÃO DE CO₂ NO TRANSPORTE (em Kg de CO₂) Veículo Volvovlo VM 6x4R - capacidade de carga: 13,9t (capacidade para transporte de dois habitáculos) Dado A: distância média do trajeto do Amazonas até São Paulo: 3840Km Dado B: Rendimento do caminhão: 3,15Km/L (veículo de de carga pesada) Dado C: Emissão de CO ₂ do diesel: 2799g de CO ₂ /L (segundo CAMPOS, 2012) Emissão de CO ₂ no transporte = (((Dado A ÷ Dado B) x Dado C) ÷ 1000) ÷ 2	1706,05
ESTOQUE LÍQUIDO DE CO₂ APÓS O TRANSPORTE DE RONDÔNIA ATÉ SÃO PAULO (em Kg de CO₂)	7.343,95
ESTOQUE LÍQUIDO DE CO₂ APÓS O TRANSPORTE DE RONDÔNIA ATÉ SÃO PAULO (em T de CO₂)	7,34

Fonte: Dos Autores

No processo de secagem e desdobro, verificamos que a grande maioria das serrarias do Amazonas adotam a secagem ao ar livre não gastando energia, portanto sem emissões de CO², mas adotamos uma estimativa realizada por Puettmann, Wagner, Johnson (2009) com processo de secagem de 116 Kg de CO² por m³ de madeira produzida para madeira de reflorestamento. Observamos a diferença de peso da madeira nativa e corrigimos o valor 216

Kg de CO² por m³. Observamos que Campos (2012) já considera a madeira seca e não discute os processos de secagem.

Como mostra os resultados apresentados na tabela 1, a madeira aplicada no Habitáculo apresenta um estoque líquido, com as maiores distâncias um valor de 7.3 toneladas de CO², enquanto outros processos construtivos, emitem este valor, como as casas de alvenaria. Destacamos o potencial da madeira na minimização dos gases de efeito estufa, mesmos com as emissões do transporte. Observamos a importância da exploração da madeira nativa por manejo com controle rigoroso por técnicos florestais do governo e com monitoramento por satélite.

Com a consolidação das indústrias de madeira laminada em São Paulo será possível substituir a madeira nativa do Habitáculo, por elementos em madeira laminada e produzidos na região sudeste, e portanto as próximas pesquisas devem analisar o potencial da madeira laminada na minimização dos gases de efeito estufa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa destaca a importância das novas legislações incentivando o manejo florestal sustentável e avalia a capacidade da madeira para neutralizar os gases de efeito estufa, em especial o CO². Avalia o impacto de seu transporte até São Paulo e observa que apesar das emissões durante o transporte, a madeira nativa ainda neutralizar uma grande quantidade de gases de efeito estufa, mesmo com transporte de longa distância a madeira ainda tem um saldo positivo.

O trabalho aponta a importância do conhecimento técnico e científico das madeiras nativas da floresta Amazônica, mas exploradas através de processos ambientalmente corretos e socialmente justos, com o domínio tecnológico dos processos de produção para a viabilidade econômica e o seu reatamento nas comunidades locais da Amazônia. Destaca a importância da formação técnica dos povos da floresta com a participação das diversas comunidades científicas e grupos de pesquisa de todo o Brasil.

A pesquisa demonstra a importância das novas tecnologias, com produção de novos processos construtivos em madeira devido a sua contribuição como elemento de na minimização das mudanças climáticas, em especial produção de edifícios produzidos a partir de elementos com madeira reflorestada, como a madeira laminada, em especial na região sudeste minimizando o impacto sobre a floresta nativa.

Para dar continuidade a pesquisa devemos avaliar o impacto global do edifício proposto e considerando a metodologia do processo *Cradle to Grave*, de modo a fechar todo o ciclo de vida, incluindo todos os materiais aplicados ao edifício proposto e a produção de painéis de fechamento, o concreto da base e o fechamento em OSB, o vidro e o gesso.

AGRADECIMENTOS

Ao MACKPESQUISA pelo apoio Financeiro.



REFERÊNCIAS

- AFLALO, M. et al. **Madeira como Estrutura: A história da Ita**. São Paulo: Paralaxe, 2005.
- AMATA. Plano de Manejo Sustentável da Reserva do Jamari. Disponível www.amatabrasil.com.br acesso em 12. abr. 2012.
- BERCKER, Bertha. Amazônia. In: **Revista National Geographic**, 02, 2009. Disponível em http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/conteudo_419750.html acesso em 10. Agosto.2012.
- BECKER, Bertha; STENNER, Claudio. **Um futuro para Amazônia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- CAMPOS, Erika Ferraz de. **Emissão de CO2 da Madeira Serrada da Amazônia: o caso da exploração convencional**. Mestrado em Engenharia Civil, Escola politécnica da USP, São Paulo, 2012.
- IMAFLOA. **Guia Imaflora da aplicação da logomarca FSC**. IMAFLORA: Piracicaba, 2008.
- KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to Cradle: Remaking the way we make things**. Edição 1ed. Nova Iorque: North Point Press, 2002.
- MARTINS, V. A. **Secagem da Madeira Serrada**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1988.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Primeiro inventário nacional dos gases de efeito estufa por veículos automotores rodoviários**. Brasília: MMA, 2011. Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_publicacao/163_publicacao27072011055200.pdf
- PUETTMAANN M.; WAGNER, F.; JOHNSON L. Life Cycle inventory of Softwood Lumber from The inland Northwest. **US. Wood and fiber Science**, CORRIM, 2010, v 42.
- SVMA. AGENDA 21. In: **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, 3-14 de junho de 1992. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1997.
- VERÍSSIMO, Adalberto. **Estratégia e Mecanismos Financeiros para Florestas Nativas do Brasil**. Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2006.
- VERÍSSIMO, Adalberto. **Sobre o Uso Sustentável da madeira**. In: I Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, 2008.
- ZANI, Antônio Carlos. **Arquitetura em madeira**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2003.