

Universidade Brasil
Instituto de Ciências Ambientais, Fernandópolis, São Paulo

CARLA LOPES SIMONIS SEBA

**SUSTENTABILIDADE NA ADOÇÃO DE MÓDULO ESTRUTURAL EM TORA DE
EUCALIPTO TRATADO COM ARSENIATO DE COBRE CROMATADO**

SUSTAINABILITY IN THE ADOPTION OF A STRUCTURAL MODULE ON
CHROMATED COPPER ARSENATE CHEMICALLY TREATED
EUCALYPTUS LOGS

Fernandópolis - SP

2019

Carla Lopes Simonis Seba

**SUSTENTABILIDADE NA ADOÇÃO DE MÓDULO ESTRUTURAL EM TORA DE
EUCALIPTO TRATADO COM ARSENIATO DE COBRE CROMATADO**

Orientadora: Professora Doutora Cristina Veloso de Castro

Dissertação apresentada à Universidade Brasil - Campus Fernandópolis - SP,
como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre
no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Fernandópolis - SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S449s Seba, Carla Lopes Simonis.
Sustentabilidade na adoção de módulo estrutural em tora de Eucalipto tratado com arseniato de cobre cromatado. / Carla Lopes Simonis Seba. São Paulo – SP: [s.n.], 2019.
51 p.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Cristina Veloso de Castro.

1. Impacto ambiental. 2. Madeira reflorestada. 3. Plantação comercial. I. Título.

CDD 634.97342

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

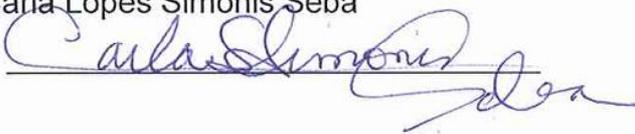
Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

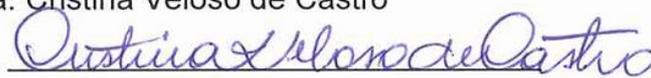
Título do Trabalho: "SUSTENTABILIDADE NA ADOÇÃO DE MÓDULO ESTRUTURAL EM TORA DE EUCALIPTO TRATADO COM ARSENIATO DE COBRE CROMATADO"

Autor(es):

Discente: Carla Lopes Simonis Seba

Assinatura: 

Orientadora: Cristina Veloso de Castro

Assinatura: 

Data: 14/maio/2019

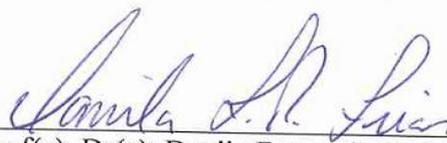
TERMO DE APROVAÇÃO

CARLA LOPES SIMONIS SEBA

“SUSTENTABILIDADE NA ADOÇÃO DE MÓDULO ESTRUTURAL EM
TORA DE EUCALIPTO TRATADO COM ARSENIATO DE COBRE
CROMATADO”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:


Prof(a). Dr(a) Cristina Veloso de Castro (Presidente)


Prof(a). Dr(a). Danila Fernanda Rodrigues Frias (Universidade Brasil)


Prof(a). Dr(a). Pablo Martins Bernardi Coelho (UEMG)

Fernandópolis, 14 de maio de 2019.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Cristina Veloso de Castro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família amada. Aos que convivem comigo fisicamente e aos que partiram para o outro plano existencial.

AGRADECIMENTOS

À UNIFEV - Centro Universitário de Votuporanga, pela oportunidade e apoio intelectual e financeiro.

À Professora Orientadora Doutora Cristina Veloso de Castro, pela dedicação e incentivo, em todos os momentos na elaboração deste trabalho.

Muito obrigada.

EPÍGRAFE

“Paredes são massas com portas e janelas, mas somente o vazio entre elas lhes dá utilidade. Assim são as coisas físicas, que parecem ser o principal, mas o seu valor está no metafísico”. Mao Tze, 400 a.c.

SUSTENTABILIDADE NA ADOÇÃO DE MÓDULO ESTRUTURAL EM TORA DE EUCALIPTO TRATADO COM ARSENIATO DE COBRE CROMATADO

RESUMO

A utilização de estrutura em madeira reflorestada faz-se necessária diante da necessidade da sociedade atual em buscar matéria-prima alternativa abundante, versátil e facilmente obtida pelo manejo das técnicas adotadas na exploração racional da natureza. Este trabalho procurou provar cientificamente que a adoção de módulo estrutural em tora de eucalipto tratado com CCA (arseniato de cobre cromatado) pode causar impacto positivo ao meio ambiente, bem como atingir a sustentabilidade. O estudo foi realizado com base na pesquisa através de revisão bibliográfica e no conhecimento técnico vinculado à prática da arquitetura e da construção civil, acompanhada da aplicação das normas técnicas brasileiras no comparativo do projeto do módulo estrutural em eucalipto com o mesmo construído em concreto armado. O primeiro modelo estudado apresentou um módulo estrutural em eucalipto constituído por pilares e vigas em toras tratadas quimicamente e fechamento de paredes com duas placas de OSB montadas paralelamente. O segundo modelo apresentou o mesmo módulo em estrutura de concreto armado, com pilares e vigas calculadas em dimensões apropriadas para esta tecnologia e fechamento das paredes em tijolo cerâmico e argamassa. Concluiu-se que, com a possibilidade do reaproveitamento do eucalipto tratado quimicamente, inclusive seus resíduos, os resultados foram positivos nos cálculos quantitativos de materiais e custos, juntamente com o ganho econômico no manejo das florestas comerciais no Brasil. A utilização desta madeira de forma planejada pode contribuir para a conservação do meio ambiente natural e o fim do uso das madeiras nativas brasileiras. Podemos identificar a sustentabilidade na adoção do módulo em eucalipto tratado pelos resultados positivos obtidos na construção civil: diminuição das perdas antes, durante e depois do processo construtivo, com reaproveitamento de material, gerando lucros econômicos, sociais e ambientais.

Palavras-chave: Impacto ambiental, madeira reflorestada, plantação comercial.

SUSTAINABILITY IN THE ADOPTION OF A STRUCTURAL MODULE ON CHROMATED COPPER ARSENATE CHEMICALLY TREATED EUCALYPTUS LOGS

ABSTRACT

The use of reforested wood structure is necessary in view of the current society's need to seek abundant alternative raw material, versatile and easily obtained by the management of techniques adopted in the rational exploration of nature. This study sought to scientifically prove that the adoption of a structural module in eucalyptus log treated with CCA (chromated copper arsenate) can have a positive impact on the environment, as well as achieve a notable level of sustainability. The study was carried out based on the research through bibliographical review and technical knowledge linked to the practice of architecture and civil construction, accompanied by the application of Brazilian technical standards in the comparison of the structural module project in eucalyptus with the same one using reinforced concrete. The first model presented a structural module in eucalyptus constituted by pillars and beams in chemically treated logs and closure of walls with two OSB plates mounted in parallel. The second model presented the same module, but this time in reinforced concrete structure, with pillars and beams calculated in appropriate dimensions for this technology and closure of walls with ceramic bricks and mortar. It was concluded that, with the possibility of reuse of chemically treated eucalyptus, including its residues, the results were positive in the quantitative calculations of materials and costs, together with the economic gain in the management of commercial forests in Brazil. The use of this wood in a planned way can contribute to the conservation of the natural environment and the end of the use of Brazilian native woods. We can identify sustainability in the adoption of the module in eucalyptus treated by the positive results obtained in the civil construction: reduction of losses before, during and after the construction process, with reuse of material, generating economic, social and environmental profits.

Key words: Environmental impact, reforested wood, commercial plantation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planta layout em toras de eucalipto tratado.....	35
Figura 2: Estrutura modular em eucalipto e vedação em OSB.....	35
Figura 3: Planta pilares e vigas em toras.....	36
Figura 4: Pilar em tora considerado nos cálculos.....	36
Figura 5: Viga inicial considerada.....	37
Figura 6: Módulo finalizado em eucalipto tratado.....	38
Figura 7: Planta layout em estrutura de concreto armado.....	39
Figura 8: Estrutura modular em concreto armado e vedação em tijolos cerâmicos.....	39
Figura 9: Planta pilares e vigas em concreto armado.....	40
Figura 10: Pilar 14 x 26 cm.....	40
Figura 11: Viga baldrame considerada.....	41
Figura 12: Módulo finalizado em concreto armado.....	43
Figura 13: Composição modular.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de coeficiente k_3 e k_6	42
Tabela 2: Área de aço por diâmetro comercial.....	42
Tabela 3: Quantitativo de material e valores (módulo em tora de eucalipto tratado e vedação em OSB).....	44
Tabela 4: Quantitativo de material e valores (módulo em concreto armado e vedação em alvenaria de tijolos cerâmicos).....	45

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional da Habitação
CBC	Centro Brasileiro da Construção
CCA	Arseniato de Cobre Cromatado
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
DIN	<i>German Institute for Standardization</i>
IAB	Instituto de Arquitetos do Brasil
IE	Instituto de Engenharia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NBR	Norma Brasileira
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
1.1 Fundamentação - Técnica eucalipto tratado x técnica concreto armado .	Erro! Indicador não definido.
1.2 Objetivo geral	Erro! Indicador não definido.
1.3 Objetivos específicos	Erro! Indicador não definido.
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	Erro! Indicador não definido.
2.1 Impacto do módulo em eucalipto tratado e sua vedação	20
2.2 Impacto do módulo em concreto armado e sua vedação.....	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1 Comparativo em módulo de eucalipto tratado	34
3.1.1 Planta Layout em estrutura de toras de eucalipto tratado.....	34
3.1.2 Cálculo de dimensionamento da estrutura em toras de eucalipto tratado....	35
3.1.3 Módulo em eucalipto tratado e OSB: planta pilares e vigas.....	35
3.1.4 Verificação dos pilares.....	36
3.1.5 Verificação das vigas.....	37
3.1.6 Módulo finalizado em eucalipto tratado.....	38
3.2 Comparativo em módulo de concreto armado.....	38
3.2.1 Planta layout em estrutura de concreto armado.....	39
3.2.2 Cálculo de dimensionamento da estrutura em concreto armado.....	39
3.2.3 Módulo em concreto armado e alvenaria em cerâmica: planta pilares e vigas em concreto armado.....	39
3.2.4 De acordo com o item 13.2.3 da NBR 6118 [7], considera-se o pilar com dimensões de 14x26 cm (utilizando $\gamma=1,25$).....	40
3.2.5 Considerou-se h com o valor de 0,4 m para a viga baldrame.....	41
3.2.6 Módulo finalizado em concreto armado.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5 CONCLUSÃO	Erro! Indicador não definido.
REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho procura mostrar cientificamente que a adoção de um módulo construtivo em madeira de eucalipto tratado pode gerar um impacto positivo no meio ambiente, bem como atingir a sustentabilidade.

Impacto ambiental "é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais" [1].

Modalidade de impacto, segundo a mesma resolução, observada na adoção de módulo em eucalipto tratado: impacto positivo ou benéfico: quando a ação resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.

A ideia de adoção de um módulo construtivo em toras de eucalipto tratado surgiu pela necessidade cada vez maior em preservar as florestas naturais brasileiras, aliada a adoção de medidas ecológicas e sustentáveis na construção civil.

O consumo ético que conserva o meio ambiente e o estabelecimento de limites para o uso dos recursos naturais são duas questões que determinam a importância da manutenção da sustentabilidade, de acordo com Cardoso [2].

Alvim [3], afirma que sistemas de plantio de árvores para reflorestamento vem sendo utilizados há tempos no país, de onde podemos aproveitá-los para a aplicabilidade na construção civil como forma de sustentabilidade econômica, gerando empregos e novas perspectivas de vida em todas as áreas sociais.

1.1. Fundamentação

Técnica Eucalipto Tratado x Técnica Concreto Armado

Procurando alternativas na construção civil para se encaixar esta matéria prima (eucalipto tratado), fundamentou-se a pesquisa no sistema modular que, da sua criação até os dias atuais, tem mostrado eficiência durante sua realização, pois

aumenta a produtividade, gerando economia de materiais e de tempo de execução, visto que também teve origem na produção industrial adotada pelo mundo a partir da Segunda Guerra Mundial [4].

A espécie *Eucalyptus citriodora*, adotada neste trabalho, apresenta ótimas condições físicas para a finalidade estrutural citada, incluindo resistência às pragas naturais e alto índice de durabilidade depois de tratado quimicamente [5].

Seguindo este pensamento, durante a adoção do módulo, surge a preocupação com as questões adaptativas do mesmo ao clima do país (em sua maioria quente e úmido) e a sugestão de materiais compatíveis para a vedação do mesmo.

Os painéis em OSB (*Oriented Strand Board*), formados por tiras de madeira orientadas, possuem grande resistência mecânica e às intempéries, quando impermeabilizados, podendo ser utilizados como painéis de vedação. Estes devem ser montados em duas chapas paralelas, "recheadas" com câmaras de ar ou espuma, trabalhando a impermeabilidade e a vedação térmica ao mesmo tempo. Entre as chapas, adota-se material hidráulico e elétrico existente no mercado. O resultado final é considerado superior ao de uma parede feita em alvenaria de tijolos pelo processo construtivo convencional [5].

Para provar a sustentabilidade, fez-se necessário um comparativo técnico entre o sistema modular em estudo e o sistema construtivo convencional adotado no Brasil, com estrutura em concreto armado e vedação em tijolo cerâmico.

O concreto é uma tentativa de fazer uma pedra artificial com a vantagem de ter a forma, resistência e dimensões que se queira, de acordo com Botelho [6].

Segundo o mesmo autor, usa-se uma mistura de vários materiais e dosagens específicas dos mesmos: pedra, areia, cimento e água. Necessita de fôrmas (geralmente de madeira ou ferro) para dar forma e dimensão às peças e também escoramento que dá estabilidade às fôrmas.

O concreto é chamado de concreto simples e quando usado com armadura de aço, recebe o nome de concreto armado [6].

A norma NBR 6118 [7], determina os procedimentos básicos para dimensionamento de estruturas de concreto simples, armado e protendido, não só referente às cargas atuantes, mas também no que diz respeito à durabilidade das estruturas de concreto, orientando suas especificações.

Todos os cimentos *Portland* existentes no mercado podem ser utilizados na confecção do concreto.

O módulo desenvolvido para este estudo é formado por pilares e vigas em concreto armado.

Quanto à vedação do módulo, adotou-se o tijolo cerâmico. Ainda existe um grande desperdício deste material em todos os setores da construção civil, onde a quantidade entregue, em relação à quantidade adquirida, registra porcentagens de perdas que vão de 3% a 20%. No corte de peças, as porcentagens aumentam ainda mais [8].

Porém o reaproveitamento dos rejeitos da construção está em franca expansão nos mercados nacional e internacional. Tecnologias estão sendo desenvolvidas para que estes materiais possam ser reutilizados, contribuindo no fator de minimização dos impactos ambientais [9].

1.2. Objetivo geral

O objetivo neste trabalho foi provar cientificamente que a adoção de módulo estrutural em tora de eucalipto tratada com CCA (arseniato de cobre cromatado) pode causar impacto positivo ao meio ambiente, bem como atingir a sustentabilidade.

1.3. Objetivos específicos

Apresentar técnica construtiva na área da construção civil que possa gerar ganhos sociais e econômicos no Brasil, resgatando o sistema modular e suas vantagens.

Comparar duas técnicas construtivas: uma modular e outra artesanal, em relação ao seu custo total, peso e suas perdas de materiais durante os processos construtivos.

Buscar no reaproveitamento de materiais uma solução real, atual e possível, capaz de contribuir para a sustentabilidade na área.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo a NBR 15873 [10], “módulo é a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência” Também chamado de módulo - base, o módulo é representado universalmente por “M”. O valor adotado pela maioria dos países é o decímetro (10 cm). Desde 1950, com a publicação da NB 25R:, o Brasil vem adotando o decímetro como módulo.

Na história da Arquitetura, o módulo é usado pelos gregos sob uma interpretação clássica e com um caráter estético; já os romanos utilizam-no sob um caráter estético-funcional e os japoneses um caráter funcional [11].

No século XX, a construção civil passou por processos de intensa revisão, corroborados pela constante industrialização que marcou referido século. Em virtude desta industrialização progressista, vários profissionais do ramo começaram a estudar a pré-fabricação e, conseqüentemente, a coordenação modular: tinha-se que adotar uma padronização dos componentes desta área, não sendo possível suportar altos custos e longos períodos de obras existentes [12].

Segundo o mesmo autor, em 1921, o arquiteto Le Corbusier¹ disse que era necessário que as moradias fossem produzidas em série, como eram efetuados os veículos, seguindo exemplos da montadora Ford.

O arquiteto alemão Walter Gropius, na ótica de Rosso [13], é quem antecipa os tempos e as fases da Coordenação Modular. Gropius projetou e construiu duas casas isoladas: em 1927 - a do bairro operário *Weissenhof* e em 1932 - a “Casa Ampliável”. Elas foram erguidas com componentes pré-fabricadas, a seco, utilizando estrutura metálica e vedação com painéis de cortiça revestidos externamente com cimento amianto. Na residência de *Weissenhof*, a planta era modular e na “Casa Ampliável”, Gropius efetuou a edificação acrescentando alguns corpos volumétricos.

No período da Segunda Guerra, o alemão Ernest Neufert realizou um estudo sistemático e completo do assunto. A Alemanha, que sofria graves problemas de ordem bélica, Neufert, visualizando os problemas futuros de reconstrução, idealizou e articulou e seu livro *Bauordnungslehre*, publicado em 1943, um sistema de coordenação octamétrica (100 cm/8), baseado no módulo de 12,5 cm. Ele preocupou-se principalmente em conceber um sistema dimensional que não fossem modificadas as medidas dos tijolos tradicionais usados em seu país [13].

Os módulos de Neufert foram tão importantes que a primeira norma alemã sobre Coordenação Modular, a DIN 4172, foi extraída dos seus trabalhos e publicada em 1951. Desde então, até 1965, 4.400.000 habitações foram construídas na Alemanha obedecendo ao sistema octamétrico, o equivalente a mais da metade de todas as construções efetuadas nesse período [13].

Desde o final da Segunda Guerra, os trabalhos de todos estes precursores passaram a ser vistos com mais atenção, pois os problemas habitacionais em virtude da guerra necessitavam um desenvolvimento de novos métodos construtivos; momento este que permitiu, universalmente, estudar a aplicação da Coordenação Modular a nível de cooperação internacional [13].

No Brasil, a implantação da Coordenação Modular da Construção ocorreu entre 1946 a 1982, que corresponde ao início dos primeiros estudos até a publicação mais atual das normas brasileiras sobre o assunto.

Algumas entidades tiveram relevada importância no estudo da Coordenação Modular no Brasil, quais sejam:

O Banco Nacional da Habitação (BNH), criado sob a forma de autarquia federal, através da lei nº 4380, de 21 de agosto de 1964.

O Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (CBC), sociedade sem fins lucrativos, foi fundada e administrada por quatro outras entidades: o BNH, o Centro das Indústrias do Estado de São Paulo, o Instituto de Engenharia e o Instituto de Arquitetos do Brasil (Departamento de São Paulo).

O órgão normalizador oficial do Brasil é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), fundada em 1940. Trata-se de uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como Fórum Nacional de Normalização através da Resolução 07 do CONMETRO, de 24 de agosto de 1992 [13].

Em função de suas atribuições, a ABNT foi quem publicou todas as normas relativas à Coordenação Modular no Brasil, desenvolvidas no período de 1950 a 1982.

A Coordenação Modular tem como objetivo racionalização da construção. Racionalizar, segundo o mesmo autor [14], é a aplicação mais eficiente de recursos para conseguir um produto provido da maior efetividade possível.

Através de normas técnicas bem elaboradas oriundas de um eficiente sistema de certificação, os componentes recebem uma padronização dimensional,

tendo as mesmas características dimensionais. Desta maneira, a produção dos componentes torna-se em série e não mais sob medida [14]

Para os fabricantes de componentes, projetistas e executores, há um outro aspecto que é a agilização operacional e organizacional, em decorrência da repetição de técnicas e processos e do domínio tecnológico. Tem-se ainda como vantagens o controle eficiente de custos e de produção [15].

Todos os aspectos retro mencionados acarretam um aumento da produtividade e uma conseqüente redução de custos, objetivos estes sempre almejados, contribuindo para a qualificação da indústria da construção civil [15].

2.1. Impacto do módulo em eucalipto tratado e sua vedação

A espécie *Eucalyptus citriodora* - conhecida popularmente como eucalipto é uma árvore reflorestável, amplamente usada na construção civil como cruzeta, poste, dormente, mourão, viga e caibro, face às suas características de resistência mecânica, durabilidade natural e menor tendência ao rachamento [16].

Tem origem na Austrália e ocorrência no Brasil (Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Maranhão, Pernambuco, Paraíba) e em outros países, tais como África do Sul, Zimbábue, Portugal, Tanzânia, Ruanda, Tanzânia, Malawi, Tailândia, Quênia, Indonésia e China [17].

Possui características sensoriais como cerne pardo e alburno branco-amarelado. É uma madeira desprovida de brilho, inodora e gosto imperceptíveis. Tem uma alta densidade e é dura ao corte; contém grã variável: direita, ondulada e reversa e uma textura fina a média.

É uma madeira suscetível à ação de xilófagos marinhos e é resistente ao apodrecimento. Quanto à resistência ao ataque de cupins, as informações são contraditórias. Tem um cerne de difícil tratamento, entretanto, seu alburno é permeável [17].

Excelente para serraria, porém necessita do uso de técnicas apropriadas de desdobro para minimizar os efeitos das tensões de crescimento. Apresenta boas características de aplainamento, lixamento, furação e acabamento.

Ainda segundo o autor, em geral, as madeiras de eucalipto são tidas como difíceis de secarem, podendo haver defeitos como colapso, empenamento e

rachaduras. A secagem em estufa deve ser feita de acordo com programas suaves, combinando, por exemplo, baixas temperaturas com altas umidades relativas.

Recomenda-se a secagem ao ar livre ou ao uso de pré-secador, antes da secagem em estufa.

Os estudos de madeiras roliças no Brasil são recentes, não havendo uma norma específica para projetos e construções com peças roliças de madeira de reflorestamento, de acordo com Calil Junior [17].

Entretanto, as referências normativas existentes para madeira roliça, publicadas na ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, são:

- ABNT, NBR 6231:1980 - Postes de madeira - Resistência à flexão – Método de ensaio;
- ABNT, NBR 6232:1973 - Penetração e retenção de preservativo em postes de madeira;
- ABNT, NBR 8456:1984 - Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação;
- ABNT, NBR 8457:1984 - Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica – Dimensões;
- ABNT, NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira. Esta norma está fundamentada essencialmente às madeiras serradas em geral. No entanto, é válida para o dimensionamento das peças roliças de madeira de seção variável, com indicativos especiais, no item 7.2.8 para o critério de cálculo do diâmetro equivalente (deq).

Inúmeras são as vantagens na construção civil quando se utilizam peças de madeira de reflorestamento de formatos roliços, mesmo quando equivocadamente se cogitam sobre a sua baixa vida útil. Vários são os fatores que determinam que a madeira roliça se torne um material competitivo, tais como a sua resistência, o seu baixo peso, o seu baixo consumo energético para processamento, a sua disponibilidade e o seu fácil manuseio, tornando este material altamente competitivo, com custos reduzidos e de maneira sustentável. Em relação ao seu baixo peso, ela oferece um alívio às estruturas de fundações assim como sua relação peso x resistência faz com que as estruturas sejam mais esbeltas. Ela é capaz de suportar sobrecargas de curta duração sem efeitos nocivos [18].

Nota-se que ao executar a estrutura com madeira roliça, não é necessário o emprego de uma mão-de-obra altamente especializada, bem como a rapidez na execução de sua construção.

As madeiras de reflorestamento são espécies apropriadas à construção civil, por serem de rápido crescimento se comparado ao das “madeiras de lei”, e se adéquam a várias regiões do solo brasileiro, possibilitando ainda, o seu cultivo próximo aos grandes centros e diminuindo assim o custo com transportes e prejuízos ecológicos [18].

Fazendo uma correlação de sustentabilidade econômica e ambiental, as estruturas projetadas com peças de madeira roliça apresentam grandes vantagens quando comparadas com peças de madeira serrada. Na fabricação das peças de madeiras roliças tratadas, o custo é reduzido, necessitando de menos investimento em equipamentos e maquinários, gerando uma diminuição na mão-de-obra, um menor consumo de energia e também um menor desperdício dos recursos naturais e de matéria prima [18].

Durante os processos de cortes das Madeiras Serradas, geram-se resíduos da ordem de 60% a 70% da peça original, com o intuito de proporcionar uma planicidade destas peças e conseqüentemente, as peças estruturais possuirão menores dimensões transversais, diminuindo assim a resistência e a rigidez da mesma [17].

Para o desenvolvimento de pesquisas na aplicação da madeira em sua forma roliça, podem ser citadas as seguintes vantagens: melhoria da estabilidade, principalmente das espécies reflorestadas; melhoria das características mecânicas, pois o material é deixado na sua forma natural e as fibras longitudinais não são cortadas como na madeira serrada [18].

Desta forma, as características físicas das Peças de Madeira Roliça apresentam maior resistência média, maior rigidez e menor variação em comparação com as peças serradas. Isto é em decorrência da utilização eficiente de toda seção transversal, sem sofrer grandes mudanças das propriedades das peças [17].

O Brasil ainda é rico em recursos naturais e a madeira sempre ocorreu de forma abundante. Com o crescimento industrial, houve a necessidade de se utilizar

madeiras de baixa durabilidade natural, e, conseqüentemente, dependentes de um tratamento preservativo.

Os conservantes são substâncias químicas utilizadas para substituir a seiva no interior da madeira a ser tratada, evitando insetos e fungos, sem poluir o ambiente natural.

Este tipo de tratamento em madeiras iniciou-se no final do século XIX, para atendimento da demanda de dormentes para as ferrovias. Somente na década de 1960, o setor de preservação de madeiras ganhou impulso com aumento significativo das pesquisas científicas, normalização técnica e a criação de unidades industriais de preservação de madeira [18].

Existe uma tendência no setor em alcançar novos mercados, como o de construção civil, cruzetas e embalagens, bem como intensificar o consumo dos produtos tradicionais.

Em meio aos métodos de preservação de madeira utilizados no mundo, os mais eficientes são aqueles aplicados sob condições de vácuo e pressão, e dentre estes o mais importante é o de “célula cheia”, também conhecido por processo Bethell, que tem por objetivo preencher ao máximo as células da madeira com o produto preservativo [19]. Segundo o mesmo autor, este processo é efetuado em autoclaves horizontais de grande porte (podendo passar de 100 mil litros) e consiste basicamente nas seguintes etapas: 1) carga da madeira; 2) aplicação de vácuo inicial (600 mmHg) por aproximadamente quarenta e cinco minutos; 3) injeção da solução preservativa; 4) liberação do vácuo e aplicação de pressão (12,2 kgf cm⁻²) por aproximadamente três horas; 5) liberação da pressão e aplicação de vácuo final (400 mmHg) por aproximadamente quarenta e cinco minutos; e 6) descarga da madeira.

Um dos principais produtos utilizados no tratamento preservativo da madeira é o arseniato de cobre cromatado, conhecido como CCA, preservativo hidrossolúvel a base de cobre (Cu), cromo (Cr) e arsênio (As). Considerando que não há um preservativo para madeira perfeitamente seguro para o homem e altamente efetivo contra a deterioração biológica, o CCA, desenvolvido na Índia na década de 30, é o preservativo que apresenta os melhores resultados quanto a eficiência, segurança e a relação benefício/custo [20].

O CCA (arseniato de cobre cromatado) possui características de inseticida (evita cupins, brocas e outros) e fungicida, além de proteger contra a umidade.

Apresenta na sua composição química produtos que podem provocar problemas residuais quando aplicados aleatoriamente, tais como: Arsênio, Cobre e Cromo.

A norma NBR 10004 [21], classifica este resíduo como Perigoso - Classe I. A mesma classificação é adotada pela Resolução CONAMA 452, de 02.07.2012, nos termos do seu art. 2.º.

O CCA deverá se manter no mercado por vários anos pela inexistência de conservantes alternativos que apresentem a mesma eficácia [21].

O reaproveitamento de materiais tem sido um tema de grande interesse devido à elevada quantidade de resíduos gerados nas mais diversas atividades da construção civil.

Resíduos de toras de madeira tratadas com CCA são materiais passíveis de reutilização para a produção de madeira plástica. Existem estudos de reaproveitamento destes resíduos como agentes de reforços em compósito com matriz de polietileno de alta densidade (PEAD), através de moagem das toras e mistura com outros componentes na formação do novo material atualmente utilizado na produção de vários móveis e utensílios adaptados ao mercado atual [22].

Para a utilização em construções de estruturas com peças roliças de madeira, uma outra vantagem importantíssima é a de que estas madeiras são sempre provenientes de árvores reflorestadas, não atingindo as florestas nativas, bem como a questão da diminuição da taxa de dióxido de carbono (CO₂). Muito embora tratem-se de ecossistemas considerados pobres, pois os reflorestamentos de eucaliptos e pinus são considerados monoculturas, mesmo assim estas plantações proporcionam um grande benefício ambiental compensador, pois referido fator positivo é o grande seqüestro de dióxido de carbono (CO₂) [23].

Para promover a fotossíntese, as árvores jovens de grande produção de biomassa e de curto ciclo precisam de grandes quantidades de CO₂. A maioria dos pesquisadores considera o potencial de seqüestro de CO₂ um dos principais fatores benéficos eco-ambiental da planta.

O eucalipto é considerado um campeão na retirada do gás carbônico da atmosfera, face à elevada produção de biomassa e a alta rotação, diminuindo assim

o principal causador de efeito estufa [23]. Em florestas virgens nativas, essa relação de sequestro do dióxido de carbono encontra-se em equilíbrio.

A partir de 1966, o governo brasileiro instituiu um programa de incentivos fiscais para aumentar a área plantada de Eucalipto e Pinus. Em curto espaço de tempo, a área com plantações de Eucalipto, que era de 400 mil atingiu 3 milhões de hectares [23].

No país, há atualmente uma grande disponibilidade destas espécies.

As áreas de florestas plantadas no Brasil acumularam em 2008, um total estimado de 6.126.000 ha com eucalipto e pinus. Este total representa um acréscimo de cerca de 282.000 ha plantados em relação ao total estimado do ano anterior (5.844.367 ha). Constata-se um crescimento de 7,3% na área plantada com eucalipto e uma queda de 0,4% no pinus, resultando um aumento de 4,38% da área com florestas plantadas acumulada até 2008, em relação a 2007 [24].

Atualmente, para fins estruturais na construção civil, o uso da madeira de reflorestamento é uma solução adequada como uma alternativa às espécies tropicais.

A variedade Eucalipto, disponibilizada por algumas Organizações, tem seu comércio destinado para estruturas provisórias e permanentes da construção civil. Seus argumentos são distintos. É vista como renovável, ambientalmente mais apropriada e com melhores características tecnológicas.

As dúvidas que residem sobre seu uso devem-se adversidade de espécies que são encontrados num mesmo lote, fruto de sua origem. O material apresenta características diferentes e muitas vezes acentuadas de uma espécie para outra. Os profissionais da carpintaria não se sentem seguros com seu emprego nas obras, face aos insucessos ocorridos em obras, fruto de experiências vividas ou relatadas. Eles alegam uma acentuada variação dimensional decorrente da temperatura e da perda de umidade. Segundo argumentos relatados pelos empresários que a comercializam, as faltas de cuidados e imperícias em seu manuseio, proporcionam tortuosidades e rachaduras desnecessárias [23].

A Revista da Madeira (Edição Especial, setembro 2001, p.4) referindo-se ao Eucalipto como a madeira do futuro, afirma; “[...] seu futuro na Construção Civil é promissor. Os preconceitos vão sendo demovidos e sua aplicabilidade começa a ser

introduzida. Cabe agora também a tarefa de conscientizar o consumidor final de suas características e virtudes”.

Em virtude das características ecológicas, econômicas e sociais, a madeira e seus produtos derivados, juntamente com outros materiais naturais e técnicas construtivas com a terra, assumiram um papel de destaque na contribuição do conceito de construção sustentável e no cumprimento dos objetivos do Protocolo de Kyoto, para reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa.

O uso da madeira de reflorestamento representa aspectos inegáveis que contribuem para o equilíbrio do meio ambiente, na forma de alternativa ao uso ostensivo das florestas nativas; proteção aos solos, às nascentes e aos cursos d'água quando corretamente manejadas; redução do efeito estufa com retirada do gás carbônico da atmosfera e na possibilidade de geração de renda. Ainda segundo o autor, se considerarmos os indicadores de sustentabilidade adotados no estudo (consumo de energia, emissão de CO₂ e produção de resíduos), conclui-se que a madeira tem um potencial altamente favorável ao meio ambiente na utilização como material de construção [23].

O Brasil é um dos poucos países do mundo que possui dimensões espaciais amplamente suficientes para desenvolver um projeto de reflorestamento em grande escala, sem prejuízo de outras atividades. Por meio deste plano nacional de reflorestamento, seria possível alternar: espaços silviculturais, uma agricultura modernizada e flexível à diversificação; uma pecuária melhorada; e indústrias de transformação e processamento visando o aumento do valor agregado, permitindo que melhorassem as condições culturais e de subsistência da população rural. Ainda segundo o autor, sem dúvida um projeto nacional de reflorestamento pode diminuir a intensidade da destruição da biodiversidade, principalmente em relação à floresta amazônica [23].

O IPT (2003), com o intuito de divulgar a madeira como um material sustentável, editou o manual “Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil”. Tal material salienta a importância da implantação de medidas objetivando o uso racional e sustentável da madeira, considerando as medidas para a diminuição de geração de resíduos e reciclagem dos mesmos, apontando assim para a consideração dos impactos ambientais da exploração florestal centrada em poucos tipos da ampliação do ciclo de vida do material, pela escolha correta do tipo de

madeira e pelos procedimentos do seu condicionamento (secagem, preservação e manutenção) [23].

Dentre as novas idéias trazidas pelo pensamento sustentável encontra-se a utilização de placas de OSB (*oriented strand board*), as quais são produzidas como painéis de tiras de madeira orientadas que possuem grande resistência mecânica e às intempéries quando impermeabilizadas, sendo usadas desta forma como painéis estruturais ou de vedação. Os painéis podem ser utilizados como fechamento interno ou externo, necessitando de um acabamento impermeável quando em áreas expostas [25].

A construção civil em países desenvolvidos como Estados Unidos e Canadá utiliza normalmente a tecnologia de construções energéticas sustentáveis, sendo o *wood frame* o método construtivo mais predominante nas construções de casas e apartamentos desses países. Porém, no Brasil, a utilização deste método mais racional de edificar ainda é pouco difundida, representando na cultura nacional uma quebra de paradigmas dos métodos construtivos convencionais, pois exige uma mão de obra mais especializada que a disponível no quadro da construção civil brasileira, e também por apresentar uma estrutura frágil e não estanque à primeira vista do morador [25].

O painel de vedação mais utilizado é o OSB (*oriented strand board*), que também possui características estruturais que lhe conferem o objetivo de contraventar as paredes da construção. O material pode ser produzido em três ou cinco camadas, com estas variando sua direção conforme a camada onde é aplicada, podendo ser resumido como uma placa formada por uma malha de lascas de madeira de reflorestamento previamente orientadas, coladas e prensadas umas sobre as outras [26].

Quando dispostas externamente à edificação, as placas recebem, além do sistema de impermeabilização, acabamento formado por diversas variedades de materiais, dentre eles o *siding vinílico*, constituído de PVC, oferecendo um acabamento resistente, durável e leve para a edificação. Outros exemplos de materiais são aço, madeira e PVC, além de placas cimentícias, as quais proporcionam um aspecto semelhante ao da alvenaria [26].

Pela Norma NBR 9575 [27], impermeabilização é definida como o produto resultante de um conjunto de componentes e elementos construtivos (serviços) que

objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluídos, de vapores e da umidade; produto (conjunto de componentes ou o elemento) resultante destes serviços.

A impermeabilização dos sistemas de vedação é essencial para garantir a segurança dos habitantes junto à sua funcionalidade. Uma parede é colocada à prova quanto a sua estanqueidade quando surgem ações combinadas de chuva e vento ou quando em contato direto com água estagnada. No caso do OSB, como a placa não possui resistência à passagem de água, torna-se essencial a utilização de materiais impermeáveis para a sua vedação. O material utilizado largamente nestas placas se trata de uma membrana hidrófuga fabricada através de fibras de polipropileno unidas por meio de um processo de centrifugação, gerando sua resistência à tração e danos durante a instalação [28];

Esta membrana possui custo elevado em relação aos métodos convencionais de impermeabilização, colaborando para que a técnica em estudo neste trabalho se torne mais cara e menos usual. Desta forma, podemos utilizar materiais alternativos coerentes ao quadro nacional da construção civil: impermeabilizantes compostos por resinas hidrófugas, pinturas impermeáveis acrílicas, resinas acrílicas para alvenaria, primer, asfalto diluído, seladores de madeira, cera de abelha e emulsão asfáltica [28].

No Brasil o OSB é um produto recente, tendo iniciado sua produção no ano de 2002 e seu emprego no setor da construção civil requer maior conhecimento de suas características estruturais.

Nos sistemas construtivos que empregam painéis de pequenas dimensões os componentes de construção estão previstos para serem fabricados, manipulados e erguidos por dois homens sem a necessidade de uso de guias ou equipamentos de içamento. Os painéis internos e externos são projetados e construídos considerando critérios de coordenação modular com dimensões uniformes que utilizam o módulo como unidade de medida [29].

Podem ser pré-fabricados utilizando uma grande variação de níveis de mecanização, desde o emprego de ferramentas manuais e tecnologias alternativas até equipamentos altamente sofisticados com vistas a uma produtividade em escala elevada.

Os painéis portantes de pequenas dimensões são fabricados a partir de um sistema modular, tanto para as paredes interiores como para as exteriores. A estrutura portante é composta de montantes, travessas, diagonais e frechais em madeira maciça associada aos revestimentos internos e externos, na face interna pode ser introduzido material isolante térmico. O contraventamento neste caso pode ser garantido por diagonais de madeira maciça ou chapas de partículas fixadas ao entramado. Os componentes de abertura tais como, caixilhos, venezianas e batentes de portas e janelas, podem ser fixados diretamente na ossatura dos painéis. Posteriormente, os painéis são solidamente reunidos entre si, formando assim a parede [29].

As cargas verticais podem ser transmitidas para as fundações pelos montantes, os esforços horizontais são absorvidos pelos revestimentos internos e externos. As dimensões dos materiais de preenchimento que constituem os painéis, como por exemplo, placas de madeira compensada, madeira aglomerada, placas de OSB, gesso acartonado e placas cimentícias são determinantes para definir a largura dos painéis. Da mesma forma, também interferem na largura do painel os demais componentes do sistema construtivo, tais como portas e janelas, sistemas de iluminação e tubulações de instalações complementares [29].

O OSB é produzido em espessuras que variam de 6,0 a 19,0mm, mas também pode ser produzido até a espessura de 38,0mm. A dimensão das chapas para uso estrutural é de 1220x2440mm, mas também podem ser produzidos em dimensões de até 3600x7320mm para usos industriais [5].

Os usos mais frequentes das chapas de partículas orientadas são:

- *Pallets* para estocagem a seco;
- Base para paredes e pisos em construções residenciais;
- Empacotamento e engradamento;
- Forro para telhados;
- Estandes para exposições;
- Armações para mobílias;
- Assento e encosto de cadeira;
- Painéis de paredes decorativas e estruturais isolantes (miolo de espuma);
- Miolo para composto destinado a piso de madeiras nobres;
- Tapumes e divisórias;

- Formas descartáveis para concreto;
- *Decks* e plataformas;
- Paredes de carrocerias de caminhão;
- Cercas e janelas;
- Alma para vigas em I.

Entre todas as utilizações acima descritas destaca-se seu uso na construção civil, principalmente em telhados, paredes e bases para piso. Pelas normas canadenses e americanas é considerado como material equivalente ao compensado em aplicações estruturais [5].

O OSB pode ser trabalhado como qualquer outro tipo de madeira, tem facilidade no manuseio e não exige tratamentos especiais, somente os cuidados exigidos por outros painéis de madeira.

A fabricação de painéis de madeira pode contribuir para a realização de três importantes benefícios à sociedade na busca de um desenvolvimento sustentável, o que conseqüentemente contribuiria para uma melhor qualidade de vida, que são:

- Aumentar a oferta de produtos de madeira a partir de uma determinada área florestal com a utilização racional e integral da madeira;
- Melhorar as propriedades dos produtos compostos de madeira e, desta forma, aumentar a gama de utilizações;
- Servir como produto alternativo aos materiais provenientes de recursos metálicos e poliméricos (petroquímicos) com propósitos de construção e fabricação de bens de consumo [5].

Este autor ainda afirma que as características principais das chapas de madeira são:

- Maior confiabilidade dos consumidores em relação aos produtos;
- Aproveitamento total ou parcial da tora;
- Estabilidade das peças;
- Aproveitamento de resíduos gerados em outros processos de beneficiamento da madeira como pó de serra, refugos de usinagem, costaneiras, lascas, maravalhas, entre outros para a produção das chapas.

2.2. Impacto do módulo em concreto armado e sua vedação

O concreto moderno, utilizado atualmente para a construção dos mais diversos tipos de estrutura é fruto do trabalho de inúmeros homens, que durante milhares de anos observaram a natureza e se esmeraram por aperfeiçoar materiais, técnicas, teorias e formas estruturais.

Usa-se uma mistura de vários materiais e dosagens específicas dos mesmos: pedra, areia, cimento e água no preparo do concreto. A mistura é produzida manualmente, betoneira (máquina elétrica) ou em caminhões específicos. Necessita de fôrmas (geralmente de madeira ou ferro) para dar forma e dimensão às peças e também escoramento que dá estabilidade às fôrmas [6].

Depois o concreto é lançado nas fôrmas onde o mesmo deve ser vibrado para minimizar vazios, que diminuem a resistência do concreto. Após, a superfície do concreto deve receber aguamento, para evitar a evaporação da água da mistura, processo final conhecido como cura.

O concreto armado usa barras de aço (liga de ferro com baixo teor de carbono) em várias situações: locais onde existe tração e o concreto não resiste, na periferia de pilares, reduzindo a seção do mesmo, em estribos que amarram a estrutura e, eventualmente, em outras posições, como as vigas duplamente armadas, reforçando a viga [6].

Os pilares em concreto armado são feitos para receber as cargas ou pesos das edificações, sejam elas laje, telhado, vedação, ação do vento, etc. Para seu correto dimensionamento, além destas variantes, deve se levar em conta tudo o que a norma brasileira exige [7].

A viga é um bloco retangular de concreto armado utilizado para suportar e distribuir o peso da laje para os pilares. Geralmente é posicionada entre dois pilares e acima das paredes. Na maioria das vezes, possui a mesma largura da parede sem revestimento, por isso fica escondida dentro delas. A resistência da viga varia conforme a sua altura, quanto mais alta, mais resistente. As vigas são elementos estruturais, devendo ser dimensionadas dentro das normas técnicas [6].

Normalmente as estruturas em concreto armado têm uma vida útil boa, em torno de 20 anos para mais. Porém, a técnica do concreto armado deve ser muito bem realizada para que sua durabilidade não seja prejudicada. Alguns fatores que

podem prejudicar sua vida útil: atmosfera agressiva por gases industriais ou rica em umidade e sais, uso exagerado de água a mistura do concreto, espaçadores do concreto porosos ou com espessura insuficiente, má amarração da armadura, deixando-a solta, deslocamento da armadura durante o enchimento das fôrmas, etc. [6].

É possível reciclar qualquer concreto, desde que seja escolhido o uso adequado e se respeitem as limitações técnicas. Agregados reciclados provenientes de concretos estruturais apresentam melhor qualidade em relação aos agregados provenientes de tijolos cerâmicos e argamassas e podem ser usados em aterros de inertes, obras de pavimentação e agregados para argamassas. Existem dois tipos de concreto que podem ser reciclados: resíduos de concreto das centrais dosadoras e, mais comum na reciclagem, resíduos de concreto provenientes de RCD (Resíduos de Construção e Demolição) [30].

Devido ao menor volume de materiais, a técnica de reaproveitamento na própria obra não exige equipamentos sofisticados. A vantagem da reciclagem *in loco* é financeira, já que a construtora não precisa se desfazer de um produto pelo qual já pagou.

Nesses casos, devido à menor homogeneidade do material processado, recomenda-se o reaproveitamento como agregado para revestimento ou argamassa de assentamento. O procedimento é simples: o material é encaminhado por dutos a uma mini central de processamento, onde é triturado para ser normalmente utilizado como agregado. É possível também utilizar um moinho de rolo para a trituração [30].

A reciclagem em centrais especializadas é feita com aparato técnico mais desenvolvido. Essas centrais contam com maquinários semelhantes aos de mineradoras, como esteiras rolantes, britadores, peneiras e classificadores de granulometria. O entulho é separado, britado, lavado, peneirado e classificado. É também facilitada a segregação entre resíduos cimentícios e cerâmicos, sendo garantida a homogeneidade do material [30].

A vedação mais conhecida e aplicada na construção civil é a alvenaria, que é um conjunto de paredes, muros e obras similares, composto de pedras naturais e/ou blocos ou tijolos artificiais ligados ou não por argamassa [31]. Segundo este mesmo autor, a argamassa é uma mistura íntima e homogênea de aglomerante de origem mineral, agregado miúdo, água e, eventualmente, aditivos, em proporções

adequadas a uma determinada finalidade, com capacidade de endurecimento e aderência.

No caso em estudo, a vedação escolhida foi a alvenaria em blocos cerâmicos vazados ligados por argamassa.

Bloco vazado é um componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém. É fabricado basicamente com argila, moldado por extrusão e queimado a uma temperatura (em torno de 800°C) que permite ao produto final atender às condições determinadas nas normas técnicas [31].

¹Le Corbusier nasceu na Suíça sob o nome de Charles-Edouard Jeanneret-Gris, mudou-se para Paris e adotou o pseudônimo de Le Corbusier.

²Este bairro foi criado na cidade de Stuttgart; onze arquitetos participaram dos projetos das residências, nas quais puderam mostrar a “nova” arquitetura moderna.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com base na pesquisa através de revisão bibliográfica e no conhecimento técnico vinculado à prática da arquitetura e da construção civil, acompanhada da aplicação das normas técnicas brasileiras no comparativo do projeto do módulo estrutural em eucalipto com o mesmo construído em concreto armado.

O primeiro modelo estudado apresentou um módulo estrutural em eucalipto constituído por pilares e vigas em toras tratadas quimicamente e fechamento de paredes com duas placas de OSB montadas paralelamente.

O segundo modelo apresentou o mesmo módulo em estrutura de concreto armado, com pilares e vigas calculadas em dimensões apropriadas para esta tecnologia e fechamento das paredes em tijolo cerâmico com argamassa.

3.1. Comparativo em módulo de eucalipto tratado

Módulo estrutural em toras de eucalipto tratado com CCA.

Dimensões do módulo (entre eixos):

- 1,44 m de largura x 5,50 m de comprimento, contendo:
- Quarto, Banheiro, Closet e Varanda com degraus.
- Pilares em eucalipto, diâmetro = 25 cm;
- Vigas de contorno, diâmetro = 20 cm;
- 2 Placas em OSB com 18mm de espessura cada, montadas a uma distância de 7cm entre elas, totalizando uma parede de espessura final de 12 cm, contando com a camada de impermeabilização externa.

3.1.1. Planta layout em estrutura de toras de eucalipto tratado (Figura 1)

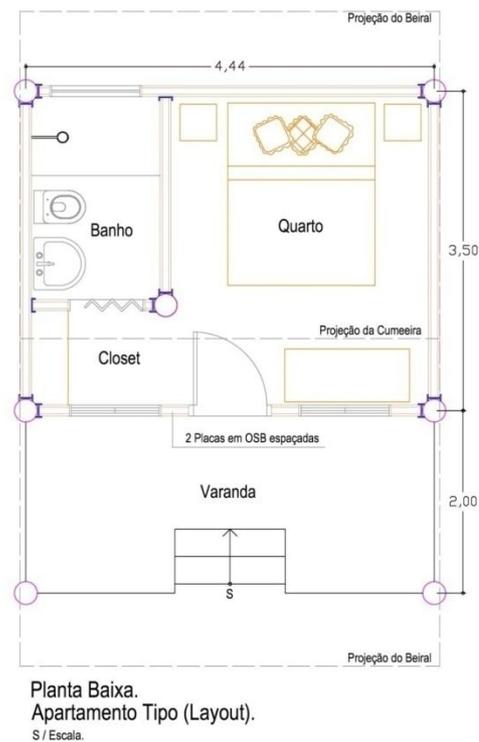


Figura 1: Planta layout em toras de eucalipto tratado
Fonte: a autora

3.1.2. Cálculo de dimensionamento da estrutura em toras de eucalipto tratado (Figura 2)

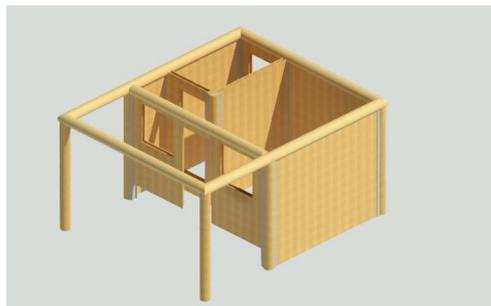


Figura 2: Estrutura modular em eucalipto e vedação em OSB
Fonte: a autora

3.1.3. Módulo em eucalipto tratado e OSB : planta pilares e vigas em toras (Figura 3)

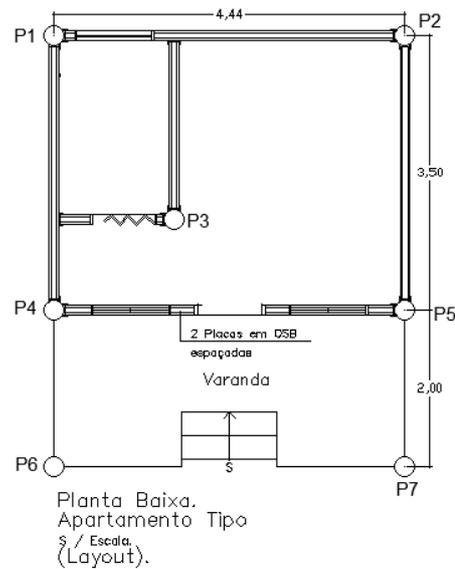


Figura 3: Planta pilares e vigas em toras
Fonte: a autora

De acordo com a definição dos módulos, podemos confirmar as dimensões dos pilares e vigas através de cálculos estruturais específicos, como apresentados a seguir:

3.1.4. Verificação dos pilares (Figura 4)

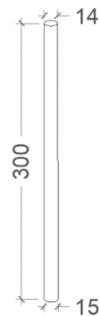


Figura 4 : Pilar em tora considerado nos cálculos
Fonte: a autora

Carga estimada nos pilares: $P \cong 800kg$

Cálculo do raio de giração “ i ”

“ D ” equivalente:

$$D = D_2 + \frac{D_1 - D_2}{3} \rightarrow D = 14 + \frac{15 - 14}{3} = 14,33cm$$

“ b ” equivalente:

$$b = \frac{\sqrt{\pi} * D}{2} \rightarrow b = \frac{\sqrt{\pi} * 14,33}{2} = 12,70cm$$

Cálculo do “ i ”:

$$i = \frac{b}{\sqrt{12}} \rightarrow i = \frac{12,70}{\sqrt{12}} = 3,66$$

Cálculo do índice de esbeltez “ λ ”:

$$\lambda = \frac{l}{i} \rightarrow \lambda = \frac{300}{3,66} = 81,96$$

Cálculo do “ λ_0 ”:

$$\sigma_c = \frac{t_c}{5} \rightarrow \sigma_c = \frac{620}{5} = 124 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3 * \pi^2 * E}{8 * \sigma_c}} \rightarrow \lambda_0 = \sqrt{\frac{3 * \pi^2 * 184210}{8 * 124}} = 74,15$$

$\lambda > \lambda_0$, então peça longa

$$\sigma_{tf} = \frac{\pi^2 * E}{4 * \lambda^2} \rightarrow \sigma_{tf} = \frac{\pi^2 * 184210}{4 * 81,96^2} = 67,66 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo da carga admissível do pilar:

$$P_c = S * \sigma_H \rightarrow P = 12,70 * 12,70 * 67,66 = 10.912 \text{ kg}$$

$P_c = 10.912 \text{ kg} > P \cong 800 \text{ kg}$, ok!

3.1.5. Verificação das vigas (Figura 5)



Figura 5: Viga inicial considerada

Fonte: a autora

Cálculo do “ D ” equivalente:

$$D = D_2 + \frac{D_1 - D_2}{3} \rightarrow D = 24 + \frac{25 - 24}{3} = 24,33 \text{ cm}$$

Cálculo do momento de inércia:

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} \rightarrow I = \frac{\pi * 24,33^4}{64} = 17200,39 \text{ cm}^4$$

Levantamento do peso total “ P_t ”:

- Telha com suporte de estrutura de madeira: $P = 70 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Peso da telha} = 4,56 * 3,58 * 70 = 1.142,74 \text{ kg}$$

➤ Peso próprio da viga:

$$PP = \frac{\pi * D^2}{4} * 4,44 * 999 \rightarrow PP = \frac{\pi * 0,2433^2}{4} * 4,44 * 999 = 206,22kg$$

$$Pt = 1.142,74 + 206,22 = 1.348,96kg$$

Cálculo das cargas “q”:

$$q = \frac{Pt}{2 * l} \rightarrow q = \frac{1.348,96}{2 * 444} = \frac{1,52kg}{cm}$$

Verificação da flecha:

$$f_q = \frac{5 * q * l^4}{384 * E * I} < \frac{l}{350}$$

$$f_q = \frac{5 * 1,52 * 444^4}{384 * 184210 * 17200,39} < \frac{444}{350}$$

$$f_q = 0,24 < 1,26cm, \text{ ok!}$$

3.1.6. Módulo finalizado em eucalipto tratado (Figura 6)



Figura 6: Módulo finalizado em eucalipto tratado
Fonte: a autora

3.2. Comparativo em módulo de concreto armado

Módulo feito com estrutura em pilares e vigas em concreto armado.

Dimensões do módulo (entre eixos):

- 1,44 m de largura x 5,50 m de comprimento, contendo:
- Quarto, Banheiro, Closet e Varanda com degraus.
- Pilares em concreto armado, dimensões conforme projeto;
- Vigas de contorno em concreto armado, dimensões conforme projeto;
- Vedação em blocos cerâmicos 8 furos, dimensões 9cm x 19cm x 19cm assentados em argamassa usinada.

3.2.1. Planta layout em estrutura de concreto armado (Figura 7)

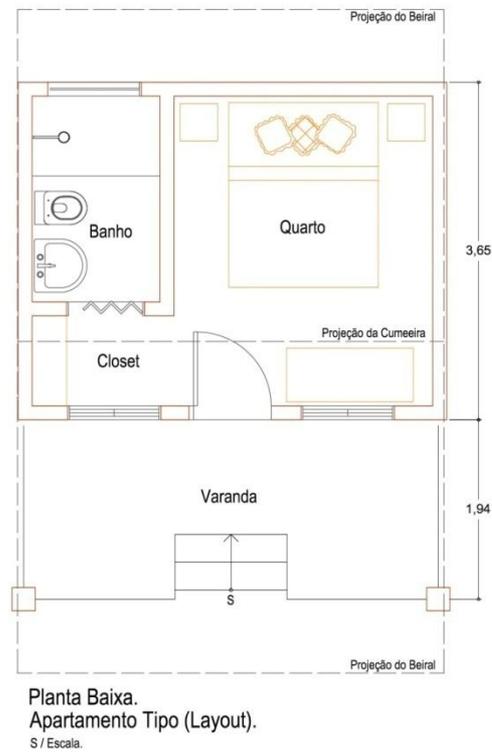


Figura 7: Planta layout em estrutura de concreto armado
Fonte: a autora

3.2.2. Cálculo de dimensionamento da estrutura em concreto armado (Figura 8)



Figura 8: Estrutura modular em concreto armado e vedação em tijolos cerâmicos
Fonte: a autora

3.2.3. Módulo em concreto armado e alvenaria em cerâmica: planta pilares e vigas em concreto armado (Figura 9)

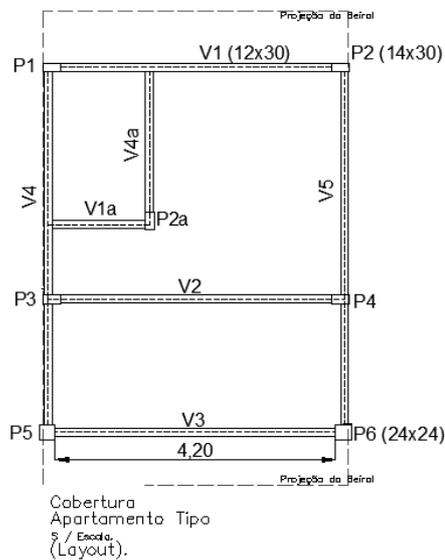


Figura 9: Planta pilares e vigas em concreto armado
Fonte: a autora

3.2.4. De acordo com o item 13.2.3 da NBR 6118 [7], considera-se o pilar com dimensões de 14x26 cm (utilizando $\gamma=1,25$), (Figura 10)

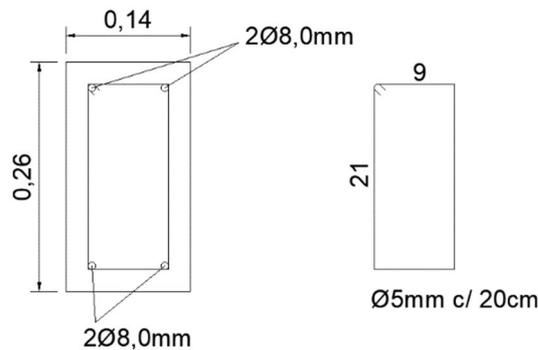


Figura 10: Pilar 14 x 26 cm
Fonte: a autora

De acordo com o item 13.2.2 da NBR 6118 [7], considerou-se o b_w da viga baldrame e de cobertura igual a 12 cm. Para a determinação do h da viga baldrame utilizou-se, segundo Botelho [6], a seguinte fórmula:

$$h = \frac{l}{12}$$

sendo $L = 4,2\text{m}$, portanto $\frac{4,2}{12} = 0,35\text{ m}$

3.2.5. Considerou-se h com o valor de 0,4 m para a viga baldrame (Figura 11)

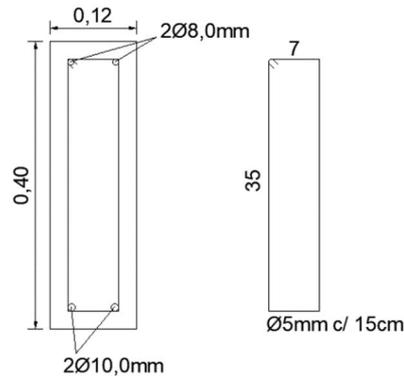


Figura 11: Viga baldrame considerada
Fonte: a autora

Para o dimensionamento da viga de cobertura considerou sua dimensão de 12x30 cm.

Verificação:

Peso próprio da viga foi calculado de acordo com Botelho [6]:

$$PP = 0,12 * 0,3 * 2500 = 90Kg/m$$

Considerando o Peso do telhado sendo 129 Kg/m, temos um peso solicitante total considerado de 220 Kg/m.

Para a viga considera-se a viga V2 como a mais solicitada por ter o maior vão:

$$M = \frac{220 * 4,38^2}{8} = 527,6 Kg * m \text{ ou } 52,76 tf * cm$$

$$M = 527,6 Kg * m \text{ ou } 52,76 tf * cm$$

Cálculo de k6:

$$K6 = \frac{12 * 27,5^2}{52,76} = 172$$

Tabela1: Tabela de coeficiente k3 e k6

$\xi = x/d$	Valores de k6 para concreto de fck (MPa)			k3/aços			
	20	25	30	CA25	CA50A	CA50B	CA60B
0,05	294,0	235,0	196,0	0,657	0,329	0,329	0,274
0,06	246,0	197,0	164,0	0,660	0,330	0,330	0,275
0,07	212,0	169,0	141,0	0,663	0,331	0,331	0,276
0,08	186,0	149,0	124,0	0,665	0,333	0,333	0,277
0,09	166,0	133,0	111,0	0,668	0,334	0,334	0,278
0,10	150,0	120,0	100,1	0,671	0,335	0,335	0,280

Fonte: Mohamad [32]

De acordo com a Tabela 1 temos o valor de K3 sendo 0,330, uma área de aço necessária de:

$$A_c = \frac{0,33 * 52,76}{27,5} = 0,63 \text{ cm}^2$$

A área mínima de aço necessário:

$$A_{min} = \frac{0,15}{100} * 12 * 30 = 0,54 \text{ cm}^2$$

Dessa forma o valor de aço necessário igual a 0,63 cm²

Tabela2: Área de aço por diâmetro comercial

Valor nominal para cálculo		Área de aço da seção conforme número de barras – A _s [cm ²]									
φ diâmetro (mm)	massa linear (kg/m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,0	0,16	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
6,3	0,25	0,315	0,63	0,945	1,26	1,575	1,89	2,205	2,52	2,835	3,15
8,0	0,40	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
10,0	0,63	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,80
12,5	1,00	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50

Fonte: Bastos [33].

De acordo com a Tabela 2 adotou-se 2 barras de 10 mm de diâmetro, obtendo uma área de aço de 1,60 cm².

3.2.6. Módulo finalizado em concreto armado (Figura 12)



Figura 12: Módulo finalizado em concreto armado

Fonte: a autora

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ambos os projetos modulares contemplaram: telhado em tora de eucalipto tratada como estrutura e coberto com telhas cerâmicas; fundação em concreto armado, piso e escada em madeira aparelhada, esquadrias e portas em madeira com acabamento para verniz; vidro transparente; pintura latex, revestimento e piso cerâmico para banheiro; vaso sanitário e pia em cerâmica padrão; chuveiro elétrico, encanamentos em tubos de PVC; acabamentos hidráulicos padronizados; conduites em modelos padronizados para instalação elétrica, bem como os fios e acabamentos com iluminação pontual.

Estes materiais não foram considerados nos cálculos. Materiais considerados: estrutura em eucalipto comparada à estrutura de concreto armado e vedação em OSB comparada à alvenaria com tijolo cerâmico. Internamente aos módulos, temos um ambiente de quarto com closet e banheiro.

As tabelas com os resultados quantitativos de materiais bem como de valores de mercado (setembro/2018), estão representadas de forma simplificada nas Tabelas 3 e 4 abaixo e separadas por módulos.

Tabela 3: quantitativo de material e valores (módulo em tora de eucalipto tratado e vedação em OSB)

Módulo eucalipto	Área (m ²)	Volume (m ³)	Custo por m ² (R\$)	Densidade (Kg/m ³)	Custo total (R\$)	Peso total (Kg)
Parede OSB (18mm)	93,37	1,68	34,03	650,00	3.177,24	1.092,38
	Comp. da peça (m)	Quantidade (un)	Custo por Kg (R\$)	Peso da peça (un)	Custo total (R\$)	Peso total (Kg)
Pilar de tora	3,20	15,00	4,53	13,25	900,00	198,75
VS 150x20	3,00	10,00	5,12	156,00	7.988,76	1.560,00
U6' bf 51,6cm	3,00	2,00	5,12	73,57	753,50	147,14
				TOTAL	12.819,50	2.998,27

Fonte: TCPO 15 [34], Gasômetro Madeiras, Madeireira Aroeira, Gerdau, em setembro/2018.

De acordo com a Tabela 3 pode-se observar que o custo da parte estrutural do módulo de eucalipto e OSB foi de **R\$ 12.819,50** e seu peso total **2.998,27 kg**.

Tabela 4: Quantitativo de material e valores (módulo em concreto armado e vedação em alvenaria de tijolos cerâmicos)

Módulo concreto armado	Total	Custo		Densidade (Kg/m ³)	Custo total (R\$)	Peso total (Kg)
Argamassa (m ³)	5,10	7,70	saco de 20Kg	2.100,00	9.681,90	10.707,00
Cimento (Kg)	287,80	0,30	saco de 50Kg	1.200,00	121,80	288,00
Cal virgem em pó (Kg)	907,24	,80	saco de 20Kg	1.500,00	460,60	907,00
Areia grossa (m ³)	6,10	09,70	por m ³	1.800,00	669,12	10.979,00
Tijolos (un)	4.974	80,00	por mil tijolos	1.900,00	1.392,83	9.451,00
Concreto usinado (m ³) Fck 25	3	85,00	por m ³	2.500,00	855,00	7.500,00
Barras de ferro (un)	37	5,00	barra de 12m	3,51	925,00	130,00
				TOTAL	14.106,65	39.962,00

Fonte: TCPO15 [34], Pinheiral, Concreplan e Noroação em setembro/2018.

De acordo com a Tabela 4 pode-se observar que o custo da parte estrutural do módulo em concreto armado e alvenaria cerâmica foi de **R\$ 14.106,65** e seu peso total **39.962,00 kg**.

O módulo estrutural em toras de eucalipto tratado vem ao encontro das exigências mundiais do mercado da construção civil, mencionadas nos capítulos e pesquisas citados neste trabalho, correspondendo a uma gama de possibilidades de utilização de materiais alternativos e com excelentes resultados.

Este módulo pode ser montado lado a lado, formando conjuntos diferentes para cada necessidade de uso, compondo formações interessantes conforme sugestões apresentadas em perspectiva humanizada (Figura 13).



Figura 13: Composição modular

Fonte: a autora

No conjunto de fatores positivos, podemos citar: adequação às necessidades do mercado da construção civil, utilização de matérias primas aprovadas e certificadas por órgãos competentes (ecologicamente aplicáveis); sustentabilidade durante os processos (adoção e desenvolvimento construtivo), economia de materiais através da diminuição das perdas e ganhos econômicos comprovados, garantindo sua sustentabilidade.

A madeira, dentre os materiais empregados na construção civil, além de ser de fonte renovável e de produção natural, é o que menos energia gasta em todo seu ciclo de vida. Para que haja uma exploração deste recurso natural, sem prejuízo de esgotamento desta fonte, é importante considerar-se o uso das madeiras provenientes de florestas plantadas [35].

Para que a madeira possa ser ainda mais benéfica em termos de sustentabilidade, considerando também uma sustentabilidade econômica, esta precisa utilizar métodos de produção industrializados, evitando desperdícios e o alto custo de uma mão de obra artesanal.

A mesma autora defende o Sistema Plataforma, onde a construção é considerada seca e industrializada, de rápida execução e boa adaptabilidade a vários estilos arquitetônicos. Esta técnica necessita de treinamento de carpinteiros, entretanto os materiais usados são simples e de fácil execução. Além disso, é um sistema que favorece a pré-fabricação e a rapidez, evitando desperdícios no canteiro de obras [35].

Quanto ao resultado obtido na utilização do módulo em concreto, o concreto armado apresenta, como material de construção, grande número de vantagens: materiais econômicos e disponíveis com abundância no globo terrestre; grande facilidade de moldagem, permitindo adoção das mais variadas formas; emprego

extensivo de mão de obra não qualificada e equipamentos simples; elevada resistência à ação do fogo; grande estabilidade, sob ação de intempéries, dispensando trabalhos de manutenção e aumento da resistência à ruptura com o tempo. Apresenta, também, desvantagens como: peso próprio elevado; menor proteção térmica; reformas e demolições - trabalhosas e caras; exigência construtiva – precisão no posicionamento das armaduras e fissuras inevitáveis na região tracionada [36].

As ações atuantes na estrutura em concreto armado se resumem basicamente a dois tipos: horizontais e verticais [37].

Segundo a NBR 6120 [38] , as ações verticais são classificadas em: carga permanente e carga acidental. Para as cargas permanentes, é considerado o peso próprio de todos os elementos da estrutura, como, por exemplo, lajes, vigas e pilares. E, também, o peso do contra piso, dos revestimentos e das alvenarias.

Segundo a mesma norma, as cargas verticais que se consideram atuando nos pisos de edificações, além das que se aplicam em caráter especial, referem-se a pessoas, móveis, utensílios e veículos, ou seja, referem-se à carga acidental.

Estes itens são levados em consideração no cálculo da fundação em concreto armado do módulo estudado, visto que no caso da estrutura em concreto armado será exigido um dimensionamento superior da fundação, aumentando o custo por m² [6].

Através do investimento científico, econômico e tecnológico na área da construção sustentável é possível economizar em recursos naturais, reduzir o efeito das emissões dos gases de efeito estufa, promover o equilíbrio ambiental, reduzir a poluição e o consumo de energia, racionalizar o uso da água e apoiar o aumento dos níveis de renda da população.

5. CONCLUSÃO

Os cálculos relativos a quantitativos de materiais e seus valores apresentaram um resultado positivo diante da utilização do módulo em eucalipto, cuja diferença no valor final mostrou-se pequena. Porém o peso da estrutura modular em eucalipto e OSB apresentou-se inferior ao do concreto e alvenaria cerâmica em 75%, implicando em economia de materiais na fundação do módulo.

Pudemos identificar a sustentabilidade na adoção do módulo em eucalipto tratado pelos resultados positivos obtidos na construção civil: diminuição das perdas antes, durante e depois do processo construtivo, com reaproveitamento de material, gerando lucros econômicos, sociais e ambientais.

REFERÊNCIAS

- [1]. Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf Acesso em 23 de agosto de 2018.
- [2]. Cardoso Junior, J C. Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano - livro 7. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)- Brasília: 2010.
- [3]. Alvim, TP; Mageste, JG. Sustentabilidade ecológica e econômica da Cultura do eucalipto, Artigo, SBS, Brasil, 2001.
- [4]. Baldauf, ASF. Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, abril de 2004.
- [5]. Barata, TQF. Propostas de painéis leves de madeira para vedação externa adequados ao zoneamento bioclimático brasileiro. Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Unicamp. Campinas, 2008.
- [6]. Botelho, MHC. Concreto armado eu te amo, para arquitetos, 2. ed. - São Paulo: Blucher, 2011.
- [7]. ABNT NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - procedimento - norma brasileira. 3 ed. 2014.
- [8]. Hirschfeld, H. A construção civil e a qualidade. 1 ed. São Paulo: editora Atlas. 1996, 144 pág.
- [9]. Sánchez, LE. Avaliação de impacto ambiental conceitos e métodos. 2 ed., São Paulo: Oficina de textos, 2013.
- [10]. ABNT NBR 15873. Coordenação modular da construção, 2010, confirmada em 27.11.2018.
- [11]. Rosso, SD. A jornada de trabalho na sociedade: o castigo de Prometeu. São Paulo: LTr, 1996.
- [12]. Chemillier, P. Industrialización de la construcción. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1980.
- [13]. Rosso, T. Teoria e prática da coordenação modular. São Paulo: FAUUSP, 1976.
- [14]. Rosso, T. Racionalização da construção. São Paulo: FAUUSP, 1980.

- [15]. Lucini, HC. Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias. São Paulo: Pini, 2001.
- [16]. ABNT NBR 6230. Métodos de ensaio para madeiras. Rio de Janeiro, 1985.
- [17]. Junior, CC; Brito, LD. Manual de projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento, 1. ed. São Carlos: EESC – USP, 2010.
- [18]. Partel, PMP. Sistemas estruturais e construtivos utilizando madeira roliça de reflorestamento. 180 p. Dissertação (Mestrado) \u2013 Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999.
- [19]. Araujo HJB; Magalhães, WLE, Oliveira, LC. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. Artigo publicado na revista Acta Amazonica. Manaus - AM. Vol. 42 - 2012:49-58. Disponível em: <http://www.scielo.br/aa>.
- [20]. Geisse, ME. Tratamento de madeira de reflorestamento em autoclave. Revista da Madeira, n. 100, p. 96-99, nov. 2006.
- [21]. ABNT NBR 10004. Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- [22]. Souza, JM. Reaproveitamento da madeira tratada com arseniato de cobre cromatado e isolador elétrico cerâmico para produção de compósito polimérico. Caxias do Sul. 2016. Disponível em: <https://repositorio.uces.br/handle/11338/1409>. Acesso em 23 de agosto de 2018.
- [23]. Oliveira, EB; Oliveira, YMM. Embrapa – Ministério da Agricultura. Plantações florestais - geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167316/1/Livro-1333-Plantacoes-florestais-vs-22nov2017.pdf> Acesso em 23 de agosto de 2018.
- [24]. Abraf - Anuário estatístico da Abraf: ano base 2008. Brasília 2009. Disponível em: <https://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF-2009-BR.pdf>
- [25]. Dias, GL; Santos, LC; Lima, AL; Szucs, CA. Determinação de propriedades mecânicas do OSB. Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Civil. Artigo, publicado no IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Cuiabá, julho de 2004.
- [26]. Molina, JC; Calil Junior, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. Revista Semina: ciências exatas e tecnológicas, Londrina: Volume 31. 2 ed. 2010.
- [27]. ABNT NBR 9575. Impermeabilização - seleção projeto. Rio de Janeiro, 2010.
- [28]. Kruger, P; Guilherme, RV; Ribeiro, RS. Análise de sistemas de impermeabilização para placas de OSB (oriented strand board) em construções

energéticas sustentáveis (CES), Artigo - publicado na Revista de Engenharia e Tecnologia - ISSN 2176-7270, V. 4, No. 2, Ago./2012.

[29]. Campos, CI; Andrade, ABPP; Ferreira, BS. Painéis estruturais de madeira para uso na construção civil. Artigo, Universidade Estadual Paulista, Unesp, Campus São Carlos, Ago./2012.

[30]. Miranda, LFR; Ângulo, LSC; Careli, ED. Reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

[31]. Yazigi, W. A técnica de edificar, 8. ed. São Paulo: Pini, 2007.

[32]. Mohamad, G. Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

[33]. Bastos, PSS. Ancoragem e emenda de armaduras. Disciplina 2123 – Estruturas de Concreto II. Bauru/SP, Departamento Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia - Universidade Estadual Paulista (UNESP), maio/2015, 40p. (http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto2.htm).

[34]. PINI. TCPO 15: Tabela de composições de preços para orçamentos. 15. ed. São Paulo, 2017. 1028p.

[35]. Souza, AFP. A sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil. Florianópolis: 2010. UFSC - Programa de pós graduação em engenharia civil.

[36]. Couto, JAS; Carminatti, RL; Nunes, RRA; Moura, RCA. O concreto como material de construção. Engenharia Civil ISSN IMPRESSO: 1980 - 1777 ISSN ELETRÔNICO: 2316 - 3135. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas | Sergipe | v. 1 | n.17 | p. 49-58 | out. 2013

[37]. Moncayo, WJ Z; Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado. Orientador Libânio Miranda Pinheiro. –São Carlos, 2011. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

[38]. ABNT NBR 6120. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2000.