



A GERAÇÃO DE RESÍDUO DE MADEIRA DE USO TEMPORÁRIO NA FASE DE PRODUÇÃO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO

Arlete Simone Mossmann, Luciano Lopes Vargas, Tonicler Flores Bolzan, Andrea Parisi Kern*

** Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – engvargas@gmail.com*

SÚMULA

A madeira é um material amplamente usado pelo setor da construção, na maioria das vezes para usos temporários durante a produção, e ao final viram resíduos. Observa-se um alto consumo por falta de racionalização na operação do corte das peças. Quando se trata de madeira compensada, a alta geração de resíduos deste material é um fator preocupante, por ser considerado como perigoso pela Classe I NBR 10004. Neste contexto, este trabalho discute a utilização de madeira serrada usada em andaimes fachadeiros e investiga a utilização de programa de plano de corte, utilizado por outros setores, para o corte das chapas de madeira compensada e compara a quantidade necessária de chapas informada pelo plano de corte e a quantidade de chapas consumidas em duas obras. Os resultados mostram uma grande quantidade de madeira serrada com uso temporário e apresentam redução de consumo de aproximadamente 32 e 13% respectivamente.

Palavras-chave: Construção civil, resíduos de madeira, racionalização.

TEMPORARY USE OF WOOD DURING THE CONSTRUCTION PHASE AND WASTE GENERATION

ABSTRACT

Wood is a material widely used by the construction industry, especially for temporary uses during the production phase, being waste at the end. However, the lack of rationalization results in a high material consumption. When plywood, the high waste generation of this material is a sector concern, as it is considered as hazardous waste (Class I) according to NBR 10004. In this context, this paper investigates the use of cut plane program, used by other industries for cutting sheets of plywood and compares the required amount of sheets informed by the cutting plane and the amount consumed in two constructions. The results show a consumption reduction of approximately 32 and 13% respectively, indicating a promising practice that can be adopted by construction companies in order to optimize the consumption of the material and reduce the generation of a hazardous waste, also meeting the legislation on waste management in force, as well as decreasing two significant environmental impacts, a major construction industry challenge.

Keywords: Civil construction, wood waste, rationalization.

1. INTRODUÇÃO

A prática de ações voltadas à diminuição do consumo de materiais de construção, que envolvem medidas eficientes por parte dos profissionais desde a fase de planejamento, projeto, até a execução é muito oportuna. Ou seja, construir mais usando menos materiais e substituir matérias-primas naturais por resíduos, reduzindo a pressão sobre a natureza e o volume de material nos

aterros, sem aumentar outros impactos ambientais (WEINSTOCK, 2000; JOHN, 2000; JOHN e APOGYAN, 2000).

Dentre os materiais utilizados na construção, esse trabalho tem foco na madeira, que é um recurso natural extremamente nobre. Para ser renovável, é exigido um correto manejo de florestas que garanta a sustentabilidade do ecossistema. Porém, na maioria das vezes, observa-se que esse recurso é utilizado de forma pouco racional pelo setor (alto consumo, alto índice de desperdício, alto volume de resíduos) e muitas vezes, oriundo de madeiras não certificadas por reflorestamento.

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2006), a construção civil consome cerca de 21% da madeira serrada no Brasil, o setor moveleiro consome 31%, e o restante é consumido por outros setores, dentre eles o de embalagem. Em termos de volume, conforme artigo publicado na Revista da Madeira - Remade (2010) 4,6 milhões de metros cúbicos anualmente são consumidos pela construção, e dependerá, cada vez mais, do abastecimento de madeiras de reflorestamentos.

Uma importante iniciativa a favor do uso de madeira certificada é a exigência por parte dos selos de certificação ambiental de prédios, que vem sido gradativamente utilizado no Brasil. Apesar da tendência nacional apontar para uma crescente valorização das certificações, seja pela redução de impacto ambiental que representam, ou mesmo pela publicidade que alcançam, no trabalho realizado por Piccoli (2009) foi constatado que poucas empresas madeiras são certificadas, principalmente pela certificação ainda ser pouco difundida no mercado, dificultando que fornecedores atendam esse quesito.

Na construção civil a madeira tem dois tipos de usos: temporário, durante a fase de produção da obra, e definitivo, quando o material fica incorporado ao produto. O uso temporário ocorre de diversas formas, geralmente: na fase preliminar da obra (instalações provisórias, equipamentos de segurança coletivos e tapumes), na locação da obra (confecção de gabarito), na execução de fôrmas de concreto, incluindo escoramentos, e como andaimes e plataformas de trabalho. De maneira definitiva, a madeira é usada em esquadrias, forros, pisos e estruturas de cobertura, além de casas que utilizam a madeira como estrutura, vedação (paredes) e revestimentos (assoalho e forro).

Utilizando como base os resultados da pesquisa realizada por Ferreira (2003), 33% do consumo da madeira pela construção civil referem-se a usos temporários, e o restante a usos definitivos. A Tabela 1 apresenta percentualmente o consumo em São Paulo dos diferentes usos, considerando um total de 1000m³ de madeira serrada na Amazônia.

Tabela 1: Consumos percentuais dos diferentes usos de madeira na construção (adaptado de Ferreira, 2002)

Uso na construção	Consumo (1000m ³)	Percentual (%)
Estrutura de cobertura	891,70	50%
Andaimes e fôrmas para concreto	594,40	33%
Forros, pisos e esquadrias	233,50	13%
Casas pré-fabricadas	63,70	4%
Total	1783,30	100%

Já, os resultados apresentados pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON, 2009) indicam que a quantidade aproximada de 80% da madeira utilizada em fôrmas para fundação e estrutura de prédios é descartada, sendo que o restante, de apenas 20%, significa o percentual utilizado como acabamento nas edificações.

O emprego da madeira como matéria-prima no preparo das fôrmas é muito utilizado, embora alguns tipos de fôrmas empregam outros tipos de materiais, como o aço (fôrmas metálicas) e, mais recentemente o PVC. A madeira compensada, idealizada por um engenheiro francês no



início do século XX, tornou-se um elemento de grande importância e eficiência na construção civil, iniciando sua produção na Alemanha e Estados Unidos, a partir de algumas espécies de madeira de baixa densidade (MARANHÃO, 2000).

A introdução das chapas de madeira compensada veio a substituir, em grande parte, a madeira natural, que tem limitações quanto às dimensões, principalmente na largura das peças, geralmente de 30 centímetros, o que restringe a montagem de painéis de fôrmas. Assim, uma das grandes vantagens da utilização das chapas de madeira compensada é a possibilidade de se trabalhar com elementos de grandes dimensões e que podem alcançar altos valores de resistência, se comparados à resistência da madeira natural (MARANHÃO, 2000).

As chapas de compensado de madeira possuem este nome por apresentarem, em função das lâminas que as compõem, uma compensação na distribuição das tensões, assentadas uma sobre as outras em direções perpendiculares entre si com adesivos próprios (NAZAR, 2007).

Ressalta-se que o resíduo gerado de madeira compensada, amplamente utilizada na confecção de formas para concretagem de peças estruturais, é classificado como perigoso, Classe I (NBR 10004), tendo em vista a resina fenol-formaldeído (FF) utilizada como adesivo (ABNT, 2004, ABIMCI, 2004).

No Brasil, a adequação do gerenciamento dos resíduos da construção atualmente está em foco, especialmente por força da Política Nacional de Resíduos, criada em 2010 que tem como meta acabar com os lixões em todo o País e incentivar a coleta seletiva e o descarte correto de todos os resíduos. No contexto da construção, anterior a essa política foi criada em 2002 a Resolução 307 do CONAMA que responsabiliza o gerador pelos resíduos e estabelece que este deva ter como objetivo principal a não geração de resíduos e secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final dos mesmos (CONAMA, 2002).

Em se tratando de resíduos de madeira compensada, propriamente dita, recentemente foi lançada a Portaria Nº 009/2012, de 08 de fevereiro de 2012 pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM, 2012) proibindo o uso como combustível, em quaisquer processos de geração de calor por combustão.

Mattosinho e Pionório (2009) e Osmani et al. (2008), ressaltam a necessidade de ampliação das pesquisas com enfoque na minimização da geração de resíduos na fonte, ao observarem que a maioria dos estudos concentra-se em propor técnicas de reciclagem, agindo de forma corretiva e não atingindo a real causa do problema. A prevenção e a redução na geração de RCD é um ponto importante a ser estudado durante o planejamento e a produção dos edifícios, especialmente quando se trata de resíduos classificados como perigosos (SAÉZ et al., 2012).

Assim, a introdução de tecnologia voltada à redução do consumo da madeira compensada e minimização da geração deste resíduo perigoso é oportuna e ainda se constitui num desafio. Neste contexto, esse trabalho investiga a utilização de programas de plano de corte, amplamente utilizados por outros setores para o corte de chapas de madeira compensada para confecção de fôrmas de elementos estruturais de concreto armado.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho consiste em investigar o uso temporário de madeira em equipamento de segurança coletivo e na confecção de formas de elementos estruturais em concreto armado.

3. MÉTODOS

Foi analisado o uso de madeira serrada como piso em andaime fachadeiro na produção de um edifício de 12 andares (Obra 1). Os dados coletados na obra se referem à quantidade de madeira utilizada para este fim, a quantidade reutilizada e o que é realizado com o material ao final da obra.



A madeira compensada utilizada como forma foi investigada em termos de quantidade de chapas comprada na execução de duas obras e estimada a quantidade necessária de chapas a partir de uma simulação com programa computacional de plano de corte. Para isso foi utilizado um programa empregado pelo setor moveleiro (MOSSMANN, 2011).

Como objeto de estudo foram utilizadas informações de duas obras (Obra 2 e Obra 3) e incluem: planta de fôrmas identificando os elementos estruturais abrangentes, e informações sobre a quantidade de madeira (chapas de compensado) consumida pela obra para a realização das fôrmas.

A Obra 2 é um edifício comercial, composto por três pavimentos, com área total de 1.621,07m². A estrutura da obra é composta por pilares, vigas, lajes pré-moldadas e algumas lajes maciças de concreto armado. Na realização do estudo, a obra encontrava-se em fase de revestimento argamassado interno e externo. Os dados sobre consumo de chapas de compensado foram coletados quando da execução da laje de forro do térreo, sendo consideradas as fôrmas das vigas e lajes.

A Obra 3 é um edifício residencial, composto por doze pavimentos (dois subsolos – garagens; térreo – área social; oito pavimentos tipo – com dois apartamentos por andar e um pavimento cobertura – salão de festas dos apartamentos do último andar tipo), com área total de 3.988,96m². A estrutura dessa obra é composta por pilares, vigas e lajes maciças de concreto armado. Na realização do estudo, a obra encontrava-se em fase de execução da supraestrutura do pavimento tipo. Os dados sobre consumo de chapas de compensado foram coletados quando da execução da laje de forro do primeiro subsolo, sendo consideradas as fôrmas dos pilares, vigas e lajes.

As Obras 2 e 3 não possuíam projeto de dimensionamento das fôrmas. Em ambas, o corte da madeira era realizado por carpinteiros com o uso da ferramenta de serra circular de mesa, sem observar formalmente critérios de racionalização de corte das chapas de compensado (dimensão de 1,10m x 2,20m), sendo algumas plastificadas e outras resinadas.

A lista com as dimensões e quantidades de peças foi elaborada pelos mestres de obra, tendo esta necessidade pela falta de projeto de dimensionamento de fôrmas. Utilizaram como base as dimensões dos elementos estruturais, sendo observada as dimensões máximas da chapa de compensado. As dimensões dos cortes das peças e quantidades foram lançadas no programa escolhido. Também foi necessária a configuração de demais informações, como: espessura do corte (espessura do corte da lâmina da serra circular de mesa = 4mm), permissão da rotação das dimensões informadas, tamanho da chapa a ser utilizada, entre outros.

Os resultados obtidos através da simulação de plano de corte (quantidade de chapas de compensado) foram comparados com a quantidade de chapas compradas pelas empresas, calculadas pelos mestres de obras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o andaime fachadeiro utilizado na Obra 1.





Figura 1: fachadeiro utilizado na Obra 1

Segundo informações disponibilizadas pela empresa construtora, a execução deste equipamento de segurança consumiu a quantidade de 6300m de guias de eucalipto. Para o assoalho do andaime fachadeiro foram usadas guias (ou tábuas) de eucalipto de dimensões 2,5x30x540 cm para o piso e dimensões de 2,5x20x540cm para os rodapés (é obrigatório o uso de rodapé no andaime, na altura de 20 cm, conforme Norma).

No entanto, por inexperiência e falta de planejamento, foram colocados rodapés nos 2 lados do andaime fachadeiro: na face externa e interna (junto a fachada do prédio). Na face interna não há necessidade, identificando que a falta de planejamento e conhecimento das necessidades implica em desperdício.

A expectativa de reaproveitamento deste material pelo engenheiro da obra é de aproximadamente 70%, equivalente a 4410m, ou seja, o mesmo poderá ser utilizado em uma próxima obra. O restante, em torno de 1890m foi descartado.

Constatou-se que o reaproveitamento é limitado tendo em vista a exposição das peças de madeira às intempéries. Também, ressalta-se que o aproveitamento das peças é determinado pelos carpinteiros, sem um estudo formalizado de otimização, o que pode levar a um consumo maior do que o necessário, incorrendo desperdício.

A Figura 2 mostra como o programa de plano de corte gera o resultado das informações acerca das dimensões das formas das peças estruturais.

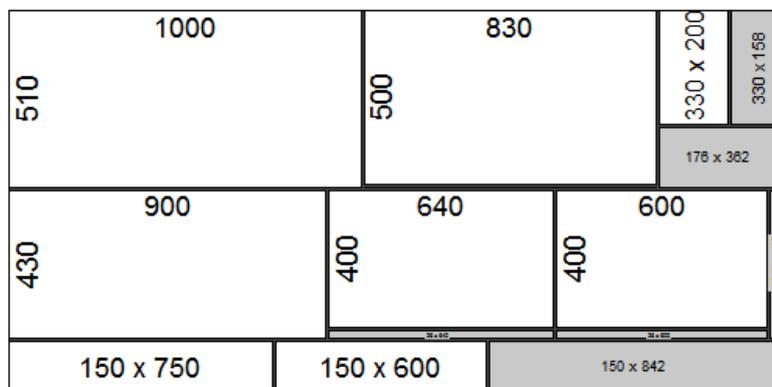


Figura 2: Resultado do plano de corte gerado pelo uso do programa computacional



Como resultados da simulação realizada, a partir dos planos de cortes disponibilizados pelo programa, é prevista a necessidade de 251 chapas de compensados para a confecção de fôrmas de vigas e lajes da Obra 2. A quantidade de chapas compradas pela empresa, baseada na estimativa do mestre de obra foi de 368 unidades de chapas de compensado. Para a Obra 3, a quantidade de chapas de compensado estimada pelo programa de plano de corte é de 406 unidades, sendo que a estimativa realizada pelo mestre de obra foi de 467 chapas de compensado. A Figura 3 mostra em gráfico de barras a quantidade de chapas de madeira compensada comprada, a quantidade estimada pelo programa de plano de corte e a diferença entre essas quantidades (economia de chapas).

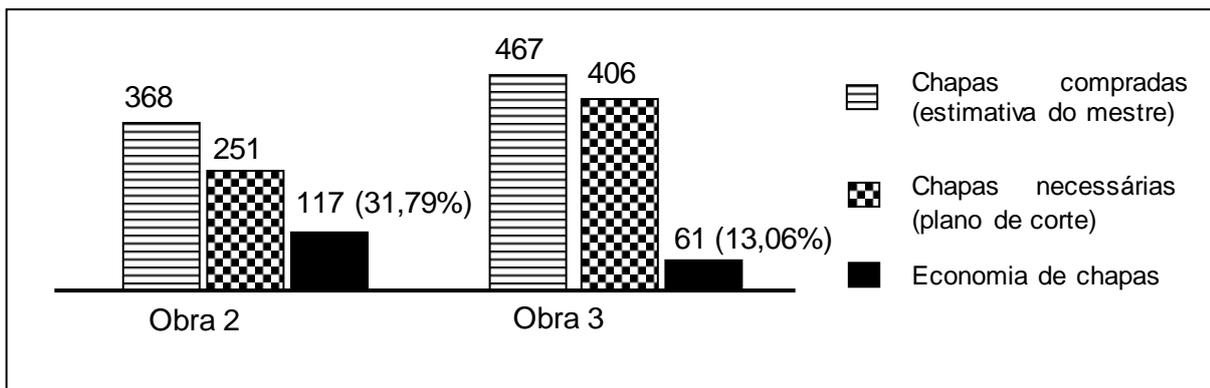


Figura 3: Resultados da quantidade de número de chapas necessária versus consumida

As simulações realizadas com informação das duas obras resultaram em quantidades reduzidas de chapas de compensado, quando comparadas à quantidade de chapas efetivamente compradas pelas construtoras, baseadas na estimativa dos mestres de obras.

Na Obra 2, o plano de corte aponta uma redução de 117 chapas de compensado, que significa 31,79% da quantidade do material. Na Obra 3, segundo o plano de corte, a redução seria de 61 chapas de compensado, que representa 13,06% da quantidade de material.

Observa-se que o percentual de redução de chapas de madeira, a partir do plano de corte das duas obras é consideravelmente diferente. Esse fato pode ser explicado pela diferença de experiência dos mestres e carpinteiros nas obras. Segundo depoimento do engenheiro da Obra 3, o carpinteiro é muito preocupado em não desperdiçar o material, e busca aproveitar o máximo da chapa de compensado para realizar os cortes das dimensões necessárias.

Com os resultados alcançados ficou evidente que o uso do plano de corte melhora a eficiência de material utilizado, trazendo benefícios ambientais, pois em primeiro lugar reduz o consumo de matéria prima e, em segundo, reduz a geração de resíduos. Além do ganho ambiental, ao mesmo tempo resulta em vantagem econômica para a empresa, diminuindo o custo de aquisição do material e o custo com o descarte do resíduo.

Como limitação do programa pode ser citada a falta de identificação das peças aos elementos estruturais. Essa adaptação deve ser realizada para facilitar a montagem das fôrmas, evitando dispersão da mão-de-obra na procura das peças com os tamanhos corretos de cada elemento estrutural. Outra limitação é a necessidade de definição do sistema de cimbramento antes da geração do plano de corte, pois os tamanhos dos cortes alteram de acordo com o cimbramento utilizado.

5. CONCLUSÃO

Nas três obras estudadas ficou claro que a racionalização no uso de madeiras depende dos carpinteiros, sem a utilização de projetos de corte, que otimizam o consumo do material e diminuem a quantidade de resíduo, primeira premissa de um sistema de gestão de resíduos.

Identificou-se a possibilidade de uso de um programa de plano de corte utilizado por uma empresa do setor moveleiro, que demonstrou viabilidade de uso e resultados promissores à redução do consumo do uso do material e, por consequência, diminuição de resíduos.

O lançamento dos dados no programa se mostrou simples e rápido, sendo que o processo mais demorado foi a obtenção dos dados (informação das dimensões e quantidades das peças), tendo em vista a falta de projeto detalhado de fôrmas das obras. A obtenção dos dados é fundamental com ou sem o uso do programa computacional, pois são necessárias as informações quanto aos tamanhos das peças para corte e fabricação das fôrmas. Neste contexto, a prática de projetos detalhados de fôrmas podem ser úteis, tendo em vista a facilidade de informações dos dados para lançamento do programa, pois eliminaria a elaboração da planilha de quantidades e dimensões necessárias com base na planta de fôrmas.

Além da vantagem ambiental, outros pontos positivos podem ser destacados a partir da racionalização de uso do material. A facilidade na disponibilidade da informação pode agilizar o serviço de corte da madeira, alcançando vantagens como: redução no consumo de energia elétrica pela serra circular, aumento de produtividade e maior segurança no trabalho. Além desses, a previsão de compra da madeira para forma pode ser facilitada, pois o plano de corte informa com exatidão a quantidade de chapas de compensado necessárias, podendo melhorar as negociações com fornecedores e evitar compras emergenciais, ou até mesmo paralisação de mão-de-obra por falta de planejamento de materiais suficientes. Além desses, a redução de custo, decorrente de todos os aspectos acima expostos é outro fator de vantagem à utilização de plano de corte.

A utilização de programa de plano de corte não se limita à fabricação de fôrmas de elementos de concreto armado repetidos, tendo em vista os exemplos apresentados no trabalho. Porém, sabe-se que a repetição nas fôrmas possibilita maiores ganhos, considerando princípios de produção em escala.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI), Artigo Técnico n. 7 - Adesivos, de agosto de 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, *Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002*. Ministério do Meio Ambiente.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER/RS – FEPAM. *Portaria Nº 009/2012*, de 08 de fevereiro de 2012.

FERREIRA, P. O. *Madeira: uso sustentável na construção civil*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON). Disponível em <<http://www.imazon.org.br>>. Acesso em 05 mar. de 2010.

JOHN, V. M.; AGOPYAN V. *Reciclagem de resíduos da construção*. Seminário – *Reciclagem de resíduos sólidos domiciliares*. São Paulo, 2000.

JOHN, V M. *Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MARANHÃO, G. M. *A Otimização do Projeto segundo a NBR 7190/97*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

MATTOSINHO, C.; PIONÓRIO, P. Aplicação da Produção Mais Limpa na Construção Civil: uma proposta de minimização de resíduos na fonte. In: *International workshop advances in cleaner production "Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change"*. Anais... São Paulo, 2009.

MOSSMANN, A.S. Levantamento do gerenciamento dos resíduos de madeira utilizada para a confecção de forma de estrutura de concreto armado. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

NAZAR, N. *Fôrmas e Escoramentos para Edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema*. São Paulo: Pini, 2007. 1ª. Edição

OSMANI, M.; GLASS, J.; PRICE, A. Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management*, v. 28, 2008, p. 1147–1158.

PICCOLI, R. *Análise das alterações no processo de construção decorrentes do sistema de avaliação ambiental de edificações: ênfase nos processos de projeto e produção*. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2009.

REVISTA DA MADEIRA - REMADE. *Madeira: os desafios do suprimento* Disponível em : <<http://www.remade.com.br/br/opiniaio.php?num=483&title=>>>. Acesso em 13 out. 2010.

SÁEZ, P.V.; MERINO, M. Del R.; PORRAS-AMORES, C. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. *Waste Management & Research*, v.30, n.2, 2012, p. 137–146.

WEINSTOCK, G. *Agenda 21 para a Construção Sustentável*. Relatório CIB – Publicação 237, Novembro 2000.