



Mapeamento do processo produtivo e das conformidades com o PNQM: um estudo de caso

Elaine Cristina Lengowski¹; Rafael Dallo²; Eraldo Antonio Bonfatti Júnior³

✉ elainelengowski@gmail.com

*1. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá -MT 2. Universidade do Contestado, Canoinhas - SC
3. Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.*

Histórico do Artigo:

Recebido em: 16 de agosto de 2018

Aceito em: 04 de dezembro de 2018

Publicado em: 30 de abril de 2019

Resumo: As empresas brasileiras de processamento mecânico da madeira apresentam obstáculos que dificultam o seu desenvolvimento e aumento da competitividade, o mais relevante consiste na carência e desconhecimento de estratégias e procedimentos relacionados à qualidade. Poucos são os incentivos ao controle de qualidade de produtos oriundos do processamento mecânico no Brasil, sendo o principal deles o Programa Nacional da Qualidade da Madeira (PNQM), que visa um controle e mapeamento do processo assim como da qualidade do produto final. As diretrizes do PNQM estão em linha com as normas internacionais de qualidade, sendo a certificação uma porta para empresas que buscam a importação. Diante disso, esse trabalho propôs avaliar o processo produtivo e a qualidade do produto de uma empresa de painéis compensados de pequeno porte localizada na Região do Contestado, planalto norte do estado de Santa Catarina. Para isso o levantamento de dados contou com observação, visitas à indústria e consulta aos responsáveis técnicos pela produção e análise das propriedades mecânicas dos compensados. Foi realizado o mapeamento do processo produtivo, assim como o levantamento das conformidades que a diretriz do PNQM prevê e requisitos de qualidade do produto final. O processo produtivo da empresa está 52% conforme com as diretrizes do PNQM. Os painéis produzidos atendem as exigências das propriedades mecânicas do PNQM.

Palavras-chave: Gestão da qualidade, Normas técnicas, Madeira, Painéis compensados.

Mapping of the production process and conformities with the PNQM: a case study

Abstract: Brazilian mechanical wood processing companies present obstacles that hamper their development and increase their competitiveness. One is the lack and lack of knowledge of strategies and procedures related to quality. There are few incentives for quality control of products from mechanical processing in Brazil, the main one being the National Wood Quality Program (PNQM), which aims to control and map the process as well as the quality of the final product. The guidelines of the PNQM are in line with international standards, with certification being a gateway for companies seeking entry into this market. In view of this, this work proposes to evaluate the production process and the quality of the product of a small-sized plywood company located in the Contestado Region, northern Santa Catarina State. For this the data collection included observation, visits to the industry and consultation with the technical responsible for the production. The mapping of the production process was carried out, as well as the survey of the conformities the guidelines that the PNQM for the production process and quality of the final product. The company's production process is 52% in accordance with the PNQM guidelines. The panels produced meet the requirements of the mechanical properties of the PNQM.

Keywords: Quality management, Technical Standards, Wood, Plywood panels.

Mapa del proceso productivo y de las conformidades con el PNQM: un estudio de caso

Resumen: Las empresas brasileñas de procesamiento mecánico de la madera presentan obstáculos que dificultan su desarrollo y aumento de la competitividad, lo más relevante consiste en la carencia y desconocimiento de estrategias y procedimientos relacionados a la calidad. En el presente trabajo se analizan los resultados obtenidos en el análisis de los resultados obtenidos. Las directrices del PNQM están en línea con las normas internacionales de calidad, siendo la certificación una puerta para empresas que buscan la importación. Por ello, este trabajo propuso evaluar el proceso productivo y la calidad del producto de una empresa de paneles compensados de pequeño porte ubicada en la Región del Contestado, al alza norte del estado de Santa Catarina. Para ello el levantamiento de datos contó con observación, visitas a la industria y consulta a los responsables técnicos por la producción y análisis de las propiedades mecánicas de los compensados. Se realizó el mapeo del proceso productivo, así como el levantamiento de las conformidades que la directrice del PNQM prevé y requisitos de calidad del producto final. El proceso productivo de la empresa está 52% conforme con las directrices del PNQM. Los paneles producidos atienden las exigencias de las propiedades mecánicas del PNQM.

Palabras clave: Gestión de la calidad, Normas técnicas, Madera, paneles compensados.

INTRODUÇÃO

Painel compensado é um painel produzido por lâminas cruzadas unidas sob pressão e calor através de um agente ligante entre as lâminas (IWAKIRI, 2005; STARK *et al.*, 2010). As lâminas podem variar no número, na espessura, na espécie e na classe de madeira. A alternância do sentido da posição das fibras nas camadas adjacentes confere ao painel compensado estabilidade dimensional, tornando esta uma das principais vantagens do seu uso em relação à madeira sólida. As lâminas externas do painel, primeira e última, são chamadas de capa e contracapa, e as lâminas internas de miolo (BORTOLETTO JÚNIOR; GARCIA, 2004; IWAKIRI, 2005).

Os painéis compensados podem ser classificados como de uso exterior e interior, diferenciados em função do tipo de resina utilizada (ALBINO *et al.*, 2011). Segundo a ABNT (2001), o compensado de uso exterior é definido como painel produzido com adesivo à prova d'água, apresentando características de alta resistência mecânica e destinado a aplicações que requerem alta resistência à umidade do ambiente e ao contato direto com água.

Para a economia brasileira a indústria de painéis compensados tem grande importância, superando 500 milhões de dólares anuais, com principal destino para o continente asiático (SNIF, 2016). Para o estado de Santa Catarina o compensado de pinus foi um dos destaques na balança comercial em 2015, arrecadando US\$ 120 milhões em exportação (ACR, 2018). Além disso, a indústria de painéis de madeira é importante pelo desenvolvimento

de novas tecnologias associadas à geração de renda e emprego nos setores moveleiro e da construção civil, que são os principais consumidores de painéis compensados no Brasil (VIEIRA *et al.*, 2012). Segundo o relatório IBÁ (2017) a produção total de painéis compensados a partir de árvores plantadas aumentou 3,8% em 2016 e atingiu 2,7 milhões de metros cúbicos (m³), dos quais 1,8 milhão de m³ foi destinado à exportação. No mercado doméstico, as vendas recuaram 11,6% em relação a 2015, totalizando 900 mil m³ em 2016.

A qualidade do painel compensado depende de diversas interações no processo produtivo, estando relacionada com a qualidade da madeira, quantidade e composição do adesivo, assim como com a eficiência do aquecimento das toras, da produção das lâminas, secagem, montagem do painel, prensagem entre outros fatores (IWAKIRI, 2005; ALBINO *et al.*, 2011; RIBASKI, 2012). Historicamente a qualidade de produtos de madeira das empresas brasileiras é bastante variável, não apresentando padronização e as iniciativas existentes relacionadas à qualidade são poucas. Devido a falta de equipamentos calibrados, de boa qualidade no controle da afiação e secagem e falta de treinamento de recursos humanos grande parte das empresas produtoras de painéis compensados não possui capacidade para manufaturar produtos dentro de padrões, gerando produtos com qualidade inferior, desuniformes e com baixo valor agregado (ANDRADE *et al.*, 2013).

Com base nas tendências atuais, os produtos de madeira que servem a construção civil também devem apresentar certificações de conformidade e da qualidade, entretanto, poucas são as iniciativas brasileiras existentes em relação à qualidade para esses produtos. A principal delas é o Programa Nacional da Qualidade da Madeira - PNQM, coordenado pela Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI (ABIMCI, 2008; ABIMCI, 2009).

Além do PNQM há o Programa de Qualidade da Agência Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira (ANPM), prevendo a afixação de um selo de qualidade em produtos que atendam aos requisitos desse programa, o qual consiste em estabelecer normas técnicas e procedimentos que possam ser executados pelas empresas e, simultaneamente, atendam às diferentes necessidades e demandas dos mercados interno e externo (ANDRADE, 2014b). Paralelamente ao selo da ANPM foi criado o Programa de Avaliação da Conformidade para Pisos de Madeira Maciça pelo Instituto de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2014), com foco no desempenho, prevendo também a aposição de um selo na embalagem dos produtos certificados.

Em geral, as indústrias que implantam o sistema de gestão do PNQM ganham produtividade e competitividade, reduzem perdas e custos, além de garantirem acesso aos principais mercados consumidores com produtos que atendem padrões e normas técnicas, nacionais e internacionais (RIBASKI *et al.*, 2017; AGEFLOR, 2017). Ao se estabelecer um acompanhamento do processo produtivo através de certificações é possível identificar e/ou eliminar os desperdícios de matéria prima e os gargalos do processo produtivo e agregar valor ao produto final (ANDRADE, 2014a).

Segundo Ribaski *et al.* (2017) ao estudar o perfil das indústrias de compensados do Paraná encontrou a certificação pelo PNQM como um dos pontos fortes do setor, já que este programa tem uma importância maior quando a empresa produtora busca obter a certificação internacional, sendo um pré-requisito para obtenção da marca CE, que demonstra que o produto está de acordo com as exigências impostas pela Comunidade Europeia. Santos (2011) afirma que poucas empresas tem conhecimento sobre a certificação de produtos e sua importância na abertura do mercado internacional. Para Pereira *et al.* (2017) a qualidade e conhecimento do processo de produção são pontos fortes e que tornam as empresas competitiva no que se refere a performance exportadora.

Nesse contexto o mapeamento de processos auxilia na avaliação de desempenho e no entendimento do fluxo de trabalho, subsidiando programas de projeto das atividades (LAGE JÚNIOR, 2016). O mapeamento do processo possibilita conhecer a orientação do fluxo e etapas do processo produtivo, de modo a reduzir distâncias entre operações, melhora o aproveitamento do espaço e diminuição no tempo de produção, evidencia o desperdício, excesso de estoques e movimentações lentas (FABRÍCIO *et al.*, 2017).

Uma forma compacta e rápida que possibilita o entendimento do processo produtivo e sua melhoria seja por redução das distâncias entre etapas produtivas, estoques ou certificações é através do fluxograma. O fluxograma é um gráfico que representa as diversas etapas que ocorrem durante a execução de um processo, identificando a realização de uma atividade, inspeção, transporte, espera e fluxo de documentos e registros (CURY, 2017).

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi identificar as etapas produtivas de uma indústria de compensados de pinus verificando as conformidades e não conformidades com os padrões de qualidade sugeridos pela certificação do PNQM e verificar se as propriedades mecânicas dos painéis compensados produzidos atendem os requisitos exigidos por esse programa.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na empresa Dallo Madeiras LTDA, localizada no município de Três Barras, Santa Catarina. A empresa foi fundada em 1999 e atualmente possui área de 44.000 m², e emprega cerca de 80 funcionários, sendo classificada como uma indústria de pequeno porte de acordo com Sebrae (2015).

A coleta de dados no setor industrial foi realizada através de visitas e consulta aos responsáveis pelos setores. A matéria prima para a produção dos painéis são toras de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* compradas de terceiros. Nessa empresa são produzidos compensados de 20 mm (65% da produção total), 18 mm (20% da produção total), 15 mm (10% da produção total) além de 22 mm e 24 mm que resultam nos 5% restantes da produção. O mercado é totalmente para exportação, sendo 80% para Europa, 15% para América do Norte e 5% para África. As classes de qualidade de painéis produzidas na empresa são C/C, C+/C, BC, CDX, CCX. Essas classes de qualidade estão condicionadas a diversos fatores de produção das lâminas, sendo os principais a presença de nós vivos, nós mortos, dimensão dos nós, azulamento por fungo manchador, presença de casca residual nas lâminas, densidade e aspereza das lâminas (APA, 2010).

Para a construção do mapa de processo, é preciso que haja sequência lógica das atividades produtivas (BATISTA *et al.*, 2006). A sequência do processo deve ser apresentada listando-se os símbolos identificadores segundo a ordem de ocorrência e ligando-os por segmentos de reta, que representam o fluxo do item (BONFATTI JÚNIOR *et al.*, 2018). Esse gráfico tem início com a entrada dos insumos e segue em cada passo como transportes, armazenamentos, inspeções, montagens, até que se tornem um produto acabado ou parte de um subconjunto, registrando-se o andamento do processo por um ou mais departamentos (LOBATO; LIMA, 2010).

Na avaliação da conformidade no controle da fabricação dos painéis compensados foram seguidas as instruções de trabalho do PNQM descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Etapas com parâmetros de produção e seus respectivos códigos de documentos segundo PNQM.

Instrução	Critério	Parâmetros avaliados
IT01	Recebimento das toras	Espécie Classe de densidade

Mapeamento do processo produtivo e das conformidades com o PNQM: um estudo de caso

IT02	Cozimento de toras	Tempo Temperatura Classe de densidade
IT03	Laminação	Espessura Comprimento Largura Esquadro
IT04	Identificação e destinação das lâminas	Destino da lâmina quanto ao uso
IT05	Secagem	Umidade; Espessura; Comprimento
IT06	Classificação, identificação e destinação das lâminas após secagem	Qualidade
IT07	Juntagem das lâminas	Material Utilizado (Fitas e Fios) Temperatura de Aplicação (juntas com fios) Dimensões das Lâminas Juntadas Qualidade da Junta
IT08	Classificação, identificação e destinação das lâminas após juntagem	Qualidade
IT09	Recuperação de capas	Qualidade
IT10	Pré-montagem dos painéis	Destino Quantidade lâminas
IT11	Preparação da cola	Quantidade de Componentes Teor de Sólidos Viscosidade Tempo de Batida
IT12	Aplicação da cola	Umidade das Lâminas Temperatura das Lâminas Quantidade de Cola Distribuição da Cola
IT13	Montagem	Umidade das Lâminas Temperatura das Lâminas Verificação dos Componentes de Montagem Composição do Pannel
IT14	Pré-prensagem (não obrigatória)	Tempo de Permanência Pressão
IT15	Assemblagem	Tempo desde a Montagem até a Prensagem
IT16	Prensagem	Tempo de Carregamento Temperatura Pressão Tempo de Permanência
IT17	Esquadreamento	Esquadro
IT18	Reparos e remendos	Qualidade do emassamento
IT19	Lixamento final	Espessura do pannel
IT20	Classificação dos painéis	De acordo com a norma ABNT
IT21	Palitamento, emassamento e lixamento lateral	Eliminação de miolo oco (janelas) Qualidade da Superfície Lateral
IT22	Embalagem	Composição Identificação do Fabricante Teor de Umidade
IT23	Recebimento de lâminas	Espécie

		Classe Cozimento Dimensões Umidade Teor de sólidos Viscosidade pH Gel Time Densidade
IT24	Recebimento de resina	
IT25	Recebimento de catalisador	Certificado de qualidade do fornecedor
IT26	Preparação do catalisador	Quantidade dos componentes Reatividade
IT27	Recebimento do extensor	Viscosidade
IT28	Recebimento de imunizante	Certificado de qualidade do fornecedor
IT29	Recebimento de fitas e fios para juntagem	Dimensões Qualidade dos materiais para juntagem
IT30	Recebimento de massa sintética para reparos	Não há critérios pelo PNQM
IT31	Execução do FPC – controle de produção de fábrica	Periodicidade dos testes físicos e mecânicos

Fonte: Adaptado de ABIMCI 2008.

Para caracterização das propriedades físico-mecânicas, foram selecionados aleatoriamente 3 painéis de 15 mm compostos por 5 lâminas. O PNQM utiliza como base para avaliação das propriedades físico-mecânicas as normas europeias. Foi determinada a densidade aparente de acordo com a norma EN-323: wood based panels – Determination of density, onde utilizou-se dos corpos de prova de flexão paralela e perpendicular. Para os ensaios mecânicos foi utilizada uma Máquina Universal de Ensaio – EMIC. Foram testados três corpos de prova para flexão paralela e perpendicular seguindo a norma EN-310: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Para o cisalhamento da linha de cola foram avaliadas a resistência a seco e após os pré-tratamentos de fervura durante 6 horas e ciclo de fervura. Foram utilizados 5 corpos de prova para cada condição e o ensaio ocorreu conforme preconizado na norma EN-314: plywood –Bonding Quality. Part I: Test methods. Os pré-tratamentos têm o objetivo de submeter as amostras aos diversos ambientes, que imitam as suas possibilidades de uso, sendo o ciclo fervura o pré-tratamento mais prejudicial ao painel, que consiste em 4 horas de fervura, seguidos por 20 horas de secagem em estufa e finalizado com mais 4 horas de fervura. Os testes foram efetuados nos laboratórios de Tecnologia da Madeira e de Anatomia e Qualidade da Madeira da Universidade do Paraná.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do mapeamento do processo produtivo de painéis compensados (Figura 1) foi possível identificar as principais etapas para obtenção do produto até sua expedição. Na etapa de recebimento das toras, a empresa averigua os documentos e condições da carga no caminhão, onde se identifica o peso da carga, o fornecedor e o diâmetro das toras (25-35 cm) (18-24 cm) para classificação e posterior descarregamento com máquina carregadeira. As pilhas são formadas seguindo o diâmetro das toras, onde as toras de 25-35 cm são colocadas na mesma pilha. De acordo com a ordem de recebimento, cada pilha recebe um número que será controlado por uma planilha, sendo que as pilhas mais antigas serão as primeiras a serem processadas, minimizando assim a contaminação do fungo manchador azul, que é ataque característico para madeiras de pinus recém derrubadas. A classificação das toras por classes diamétricas garante maior uniformidade no aquecimento, já que quanto maior o diâmetro da tora maior o tempo necessário de aquecimento (IWAKIRI, 2005).

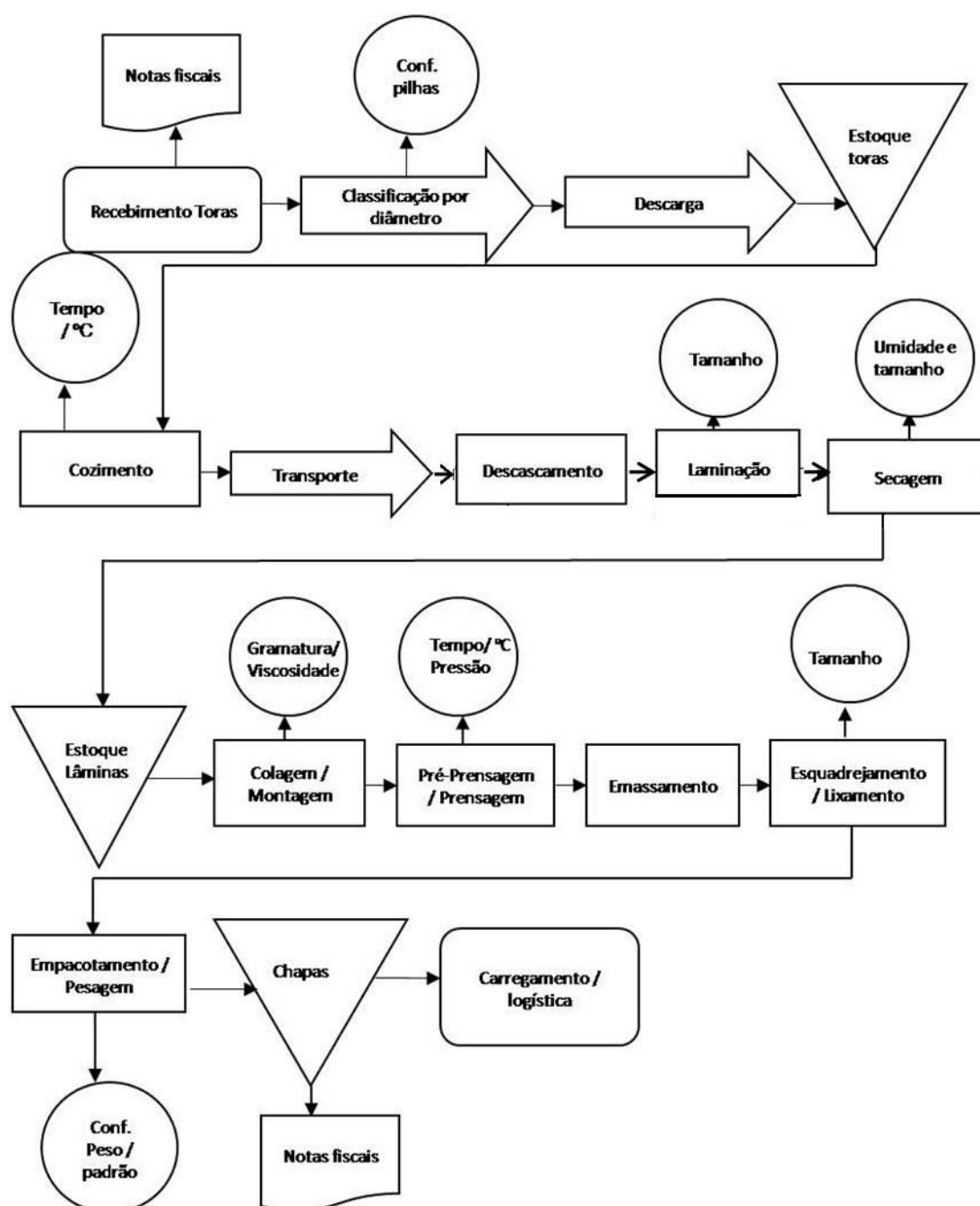


Figura 1. Mapa do macroprocesso de produção de painéis compensados.

Fonte: Os autores.

As toras seguem então para o tanque de cozimento, de acordo com a ordem de recebimento, onde permanecem por cerca de 10 a 12 horas. A temperatura de cozimento é de 70°C sendo controlada e anotada a cada duas horas. Essa fase tem como finalidade o aumento da plasticidade da madeira, minimizando o fendilhamento superficial das lâminas, que impacta diretamente nas propriedades mecânicas dos painéis, assim como no consumo de resina e desgaste da faca do torno laminador. Medina (1986) encontrou que o cozimento de toras a 60°C resultou em lâminas de melhor qualidade e painéis com maior resistência

mecânica quando comparados a painéis compensados produzidos com lâminas desenroladas com toras aquecidas a 40°C. Após o cozimento as toras são transportadas por máquina carregadeira até o descascador, onde após o descascamento, seguem para o torno laminador. No torno laminador as toras são convertidas em lâminas com comprimento, largura e espessura pré-determinados pelo comprimento da tora, ajuste rolo compressor/faca e guilhotina.

O processo de produção de lâminas por torneamento envolve a centralização da tora no torno para então girá-la contra uma faca estacionária que possui o comprimento da tora. A lâmina é desenrolada em uma esteira contínua, podendo ser cortada em uma grande variedade de espessuras, tipicamente de 2,5 a 4,8 mm para madeiras macias e de 0,7 mm para as madeiras mais duras (OLANDOSKI, 2001). Nesse processo são produzidas lâminas de duas espessuras 3,5 mm e 2,8 mm, que serão determinadas em linha com a demanda dos clientes pelo produto.

As lâminas seguem para o secador contínuo, onde são expostas a temperatura e ventilação controladas até atingirem a umidade pré-determinada para miolo e capa, 8 e 12% respectivamente. Após a secagem são averiguadas as medidas das lâminas e umidade final, sendo dispostas em fardos distintos, de acordo com a classe de utilização no painel, miolo ou capa. Como a empresa utiliza o processo de prensagem à alta temperatura, são necessários alguns cuidados especiais, como controle do teor de umidade das lâminas do miolo para evitar a formação de “bolhas” e delaminações no painel, em função da alta pressão interna de vapor gerada entre as linhas de colagem das lâminas (MARRA, 1992).

Nessa empresa, não é efetuado a junção lateral das lâminas para a confecção das lâminas do miolo do painel, pois as lâminas são arranjadas de modo que não haja espaços vazios no miolo do painel. Entretanto a ausência dessa etapa produtiva pode ocasionar a sobreposição de lâminas do miolo.

Os fardos são encaminhados ao setor de colagem para verificar a umidade. Neste setor também ocorre o controle da formulação da batida de cola através da viscosidade e gramatura. Como o painel produzido tem finalidade estrutural a batida de cola é formulada com água, resina fenol-formaldeído e farinha de trigo como extensor. O compensado estrutural é classificado como de uso exterior e trata-se de um painel multilaminado, colado com resinas à prova d'água, destinadas a uso em condições cíclicas de alta e baixa umidade relativa, eventualmente em ação direta com a água (ABNT, 2001). As lâminas passam pela encoladeira onde apenas algumas lâminas do miolo recebem a cola. Esse processo de colagem

está evidenciado na Figura 2, que representa um painel composto por 5 lâminas, onde as lâminas do miolo (2 e 4) recebem a passagem da cola em ambas faces. A lâmina da capa (1) recebe a resina pela transferência da lâmina do miolo que vem logo abaixo (2); já a lâmina central do miolo (3), recebe por transferência a cola das lâminas que estão acima e abaixo respectivamente (2 e 4) e a lâmina da contracapa (5), recebe cola por transferência da lâmina 4. A quantidade de lâminas do painel determina a espessura final desejada. Prata (2006), afirma que a distribuição do adesivo de forma homogênea não só incentiva a diminuição do tempo de prensagem a quente nos painéis, mas também acaba por facilitar o manuseio e o carregamento dos painéis.

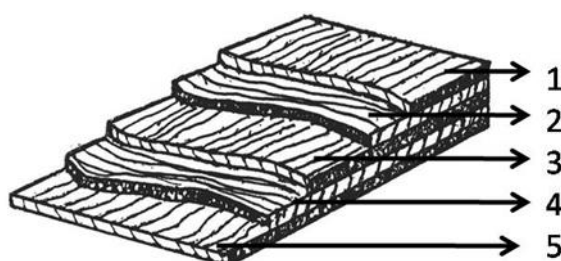


Figura 2. Esquema para passagem da cola em painéis compensados: lâminas 1 e 5 são as lâminas da capa e contracapa respectivamente e as lâminas 2, 3 e 4 compõe o miolo.

Fonte: Os autores.

Após montado os pacotes de lâmina seguem para pré-prensagem a frio durante cinco minutos a uma pressão de $120\text{--}230\text{ kgf}\cdot\text{m}^{-2}$ variando a pressão conforme a espessura do painel produzido. Esse tempo de pré-prensagem reduz o tempo de prensagem por possibilitar a transferência de cola dos miolos molhados para as superfícies. Segundo Iwakiri (2005) o período entre a passagem da resina e a prensagem a quente é chamado de montagem. Este tempo deve ser programado de forma que permita a transferência do adesivo da lâmina com cola para a lâmina sem cola.

Os painéis seguem para prensagem a temperatura, pressão e tempo pré-determinados, sendo estas variáveis de acordo com a espessura do painel produzido. Nesta etapa as variáveis do processo são conferidas e anotadas. Segundo Polzl (2011) os equipamentos empregados para a fabricação do compensado são característicos pela sua simplicidade e essencialmente manuais em sua maior proporção. Alguns consomem um tempo maior de execução, o que exige organização da empresa para que não haja comprometimento do fluxo produtivo. Dentre eles pode-se citar a prensa a quente, cujo tempo e temperatura empregada, dependem do tipo de produto e cola utilizada. A prensa comumente exerce um efeito gargalo na produção, pois se

torna o equipamento que consome maior tempo produtivo, referente ao tempo necessário para a cura da cola. Este processo ocorre à alta temperatura e pressão e leva em média 1 minuto por milímetro de espessura do compensado (IWAKIRI, 2005).

Na sequência, as chapas são descarregadas da prensa seguindo para o controle de qualidade. Nessa etapa é observada a presença ou não de defeitos que possam desqualificar o painel, sendo imediatamente corrigidos os buracos de nós e trincas das capas com massa de poliuretano. Também são separados os painéis que apresentam os defeitos de *falldown* e *shop grade*, que são empilhados e vendidos para confecção de formas de concreto para construção civil. Essas duas classes painéis são caracterizadas por apresentar defeitos nas laterais (*falldown*) e pelo estouro do painel (*shop grade*) e conseqüente delaminação parcial, o que compromete a resistência do painel. Segundo Iwakiri (2005) os principais defeitos dos painéis são: a) bolha: elevação da superfície, proveniente de uma separação entre lâminas, geralmente não visível nas bordas do compensado, e ocorre devido à pressão interna de vapor; b) delaminação: separação de lâminas a partir das bordas do painel devido à falhas na colagem; c) encavalamento: sobreposição de lâminas devido à falhas na junção de lâminas; d) defeitos abertos: irregularidades como trincas, rachaduras, juntas abertas, fissuras e orifício de nós; e) ultrapassagem do adesivo: manchas na superfície do painel devido à ultrapassagem do adesivo da linha de cola para a superfície.

Com as chapas emassadas e empilhadas em fardos de cerca de 50 unidades segue para a esquadrejadeira onde são cortadas na dimensão 1,22 x 2,44 m e posteriormente lixadas com granulometria de 60 e 80 para atender a espessura e qualidade superficial desejada. Os painéis seguem em fardos com número de unidades pré-determinados para serem embalados, pesados, medidos e identificados com as informações de lote, tipo de produto, espessura, comprimento, largura e quantidade de peças. O *pallet* segue para o estoque onde ocorre a expedição, com lançamento de notas e ovação em container.

Foram identificadas 13 etapas do processo produtivo: cozimento, secagem, descascamento, laminação, montagem, colagem, pré-prensagem, prensagem, emassamento, esquadreamento, lixamento, empacotamento e pesagem.

A empresa avaliada trabalha exclusivamente com mercado externo e se enquadra diretamente com o exposto por Polzl *et al.* (2010) para empresas que trabalham com exportação. Atualmente a empresa alcançou a capacidade nominal e busca otimizar o processo, investindo em novos equipamentos e tecnologias e em laboratório para controle de qualidade do produto.

Segundo Polzl (2010) ao realizar realizou uma análise da eficiência econômica das indústrias de madeira compensada e observou que há dois tipos de empresas produtoras deste produto: um grupo eficiente e competitivo, relacionado às empresas destinadas à exportação, e um grupo mais vulnerável a mudanças no mercado consumidor, representado pelas indústrias voltadas ao mercado interno.

Diante das etapas foram avaliados os principais parâmetros que o sistema de qualidade PNQM prevê para controle do processo produtivo, sendo identificadas a conformidades e não conformidades com o sistema produtivo adotado pela empresa. Por não efetuar juntagem lateral das lâminas, IT29, que trata do recebimento e controle de qualidade da cola para esse procedimento, não foi contabilizada na análise de conformidade com o sistema de qualidade avaliado. Além disso, por utilizar resina fenólica, a empresa não utiliza catalisador e imunizante, o que inviabiliza a aplicação das IT25, IT26 e IT28 para realidade industrial. Diante disso na Tabela 2 estão expressas as principais conformidades e não conformidades com o PNQM encontradas na empresa. Dos 27 itens que englobam a realidade produtiva da empresa, foram verificadas 100% de conformidade em 14 itens propostos pelo sistema de qualidade do PNQM, totalizando 52% de conformidade. Dos dez itens que não estavam conformes, quatro procedimentos eram realizados (IT12, IT13, IT14, IT15), porém a empresa não apresentava a ficha de registro para controle.

Tabela 2. Conformidades e não conformidades do processo produtivo da empresa com PNQM.

Instrução de trabalho	Conforme	Não Conforme
IT01		X
IT02	X	
IT03	X	
IT04	X	
IT05	X	
IT06	X	
IT07		X
IT08		X
IT09		X
IT10	X	
IT11		X
IT12		X
IT13		X
IT14		X
IT15		X
IT16		X
IT17		X

IT18	X	
IT19	X	
IT20	X	
IT21	X	
IT22		X
IT23	X	
IT24	X	
IT27	X	
IT30	X	
IT31		X

Fonte: Os autores.

No recebimento das toras (IT01) apenas há a separação de acordo com o diâmetro destas, já para o cozimento de toras previsto pela IT02, apesar da empresa não ter a classificação de acordo com a densidade, todos os cozimentos são efetuados acima de 70°C, porém com tempo previsto menor que a norma considera o ideal. Foi verificada que a temperatura final do rolo resto está dentro dos limites para obtenção de lâminas com boa qualidade superficial para colagem. Nessa etapa convém ressaltar que as tecnologias quanto a otimização do controle de perda de calor nos tanques, assim como a forma de aquecimento alteraram desde que as diretrizes do PNQM foram elaboradas. Considerando que a temperatura do rolo resto ao final da laminação está na faixa de 50°C, podemos afirmar que a empresa atende ao critério estabelecido pela diretriz para obtenção de lâminas com elevada qualidade.

Como a empresa não faz juntagem lateral acabam sendo geradas outras 3 não conformidades (IT07, IT08, IT29). Porém apesar de não efetuar esse procedimento a empresa consegue atender as exigências de qualidade dos clientes da empresa. Na produção da batida de cola, a empresa trabalha com teor de sólidos abaixo do previsto pela norma, porém segue os limites estabelecidos pelo fabricante da resina. A possível causa dessa não conformidade é relacionada às novas tecnologias e formulações dos adesivos, que evoluíram muito desde que o PNQM foi criado. Tal situação se repete na prensagem (IT16), onde o tempo também é seguido de acordo com a especificação do fabricante. Em relação ao esquadrejamento (IT17) a empresa precisa efetuar o controle de umidade.

Para o procedimento de palitamento, emassamento e lixamento lateral a empresa está conforme com o solicitado pelo PNQM. Para confecção das embalagens, IT22, a empresa apenas não faz a última verificação da umidade final do *pallet*, porém faz a identificação e composição deste de forma adequada.

Como o mercado atendido é majoritariamente europeu e norte americano, o controle de qualidade é realizado através das normas EN e PSI. As diretrizes do PNQM estão alinhadas com as exigências do mercado europeu, porém cabe ressaltar que o mercado norte americano a PSI (1996) apresenta exigências como a durabilidade a temperatura e a pressão. Atualmente a empresa faz um controle da resistência da linha cola e flexão estática, onde as amostras são enviadas ao fabricante da resina, porém com menor periodicidade que o solicitado pela IT31.

Para a caracterização das propriedades físicas dos painéis, a densidade aparente encontrada foi de $463,83 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ sendo inferior ao relatado pelo catalogo técnico da ABIMCI (2007) para painéis comerciais de *Pinus taeda*, $555 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Esse resultado está atrelado a qualidade da matéria-prima, sendo que madeiras com maior densidade resultam em painéis com maior densidade (IWAKIRI *et al.*, 2012).

Tabela 3. Resistência a flexão dos painéis compensados.

Teste	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Flexão paralela	2590,52 (7,18)	30,35 (6,21)
Flexão perpendicular	1609,64 (7,20)	17,91 (3,90)

Fonte: Os autores.

Para as propriedades de flexão descritas na Tabela 3, o sentido paralelo apresenta maior resistência, tanto para o limite elástico assim como no limite de ruptura. Esse ganho na resistência se justifica pelo fato das lâminas da capa e contra capa estarem com as fibras alinhadas no sentido que ocorrem os esforços internos de tração e compressão formados durante o esforço de flexão. Esse resultado é diretamente influenciado pela densidade do painel e da madeira utilizada (IWAKIRI *et al.*, 2012), em que quanto maior a densidade, maior a quantidade de fibras para resistirem aos esforços internos no momento da solicitação.

Segundo a ABIMCI (2002) ao avaliar as propriedades de 18 empresas fabricantes de compensado de pinus brasileiro a média para o MOR paralelo as fibras para painéis de 15 mm uso externo é de 32 MPa, enquanto que a perpendicular é de 22 MPa. Já a média do MOE, para o mesmo tipo de painel, no sentido paralelo é de 6799 MPa e perpendicular 2582 MPa. Esses resultados são superiores ao encontrados para os painéis da empresa estudada.

Prata (2006) encontrou para painéis comerciais de pinus com 12 mm de espessura, produzidos com resina fenólica, valor médio de MOE de 6270 MPa e MOR de 25,53 MPa no sentido paralelo as fibras. O autor concluiu que as falhas nas justas de lâminas de miolo interferiram nas propriedades de flexão dos painéis, sendo a queda mais significativa para o

sentido paralelo as fibras. Como o princípio de montagem dos compensados é de laminação cruzada, as lâminas de miolo cola sempre estarão no sentido inverso ao sentido da capa. Quando se retira um corpo de prova no sentido paralelo, se houver espaços frequentes entre as lâminas de miolo cola, os corpos de prova terão maior incidência de falhas ou “buracos” em sua extensão. Isto ocorre com os corpos de prova no sentido perpendicular também, ficando este tipo de falha restrita nos topos.

Para Iwakiri et al. (2002) e Peterson & Ziger (2007), o uso de lâminas com maior densidade nas capas dos compensados, aumenta significativamente as propriedades de flexão estática sobre painéis compensados estruturais com diferentes composições. Assim, o uso de madeiras de maior densidade pode produzir painéis estruturais com alta resistência (IWAKIRI *et al.*, 2009).

Para a resistência ao cisalhamento de linha de cola (Tabela 4) todos os pré-tratamentos apresentaram resistência superior ao valor mínimo de 1,00 MPa, sugerido pela norma europeia. Ao apresentar valor superior a este, não se leva em consideração a percentagem de falhas na madeira (EN 314-2, 2002).

Para painéis comerciais a ABIMCI (2002) prevê que a resistência a seco deve ser 2,15 MPa e a úmido 1,27 MPa, sendo estes limites inferiores ao encontrado na Tabela 4. Prata (2006) encontrou para painéis comerciais de pinus de 5 lâminas e colagem fenólica, cujos valores médios variaram de 0,78 MPa a 1,33 MPa para o pré-tratamento em ciclo de fervura, sendo valores inferiores aos encontrados nesse trabalho. O desenvolvimento e aprimorando de resinas mais resistentes no mercado, assim como a correta produção da batida de cola, onde são consideradas a temperatura do ambiente e as características da madeira, está diretamente relacionado ao ganho dessa propriedade.

Tabela 4. Resistência ao cisalhamento da linha de cola dos painéis compensados.

Cisalhamento		
Pré-tratamento	Resistência (MPa)	Falha madeira (%)
Seco	2,26 (14,51)	96
6h fervura	1,65 (7,47)	74
Ciclo	1,83 (12,54)	100

Fonte: Os autores.

Marra (1992) e Iwakiri (2005) afirmam que a estrutura anatômica e densidade da madeira podem influenciar a qualidade da linha de cola, e está diretamente associada à sua porosidade e permeabilidade à penetração do adesivo líquido na estrutura da madeira.

Consequentemente, à formação da ligação adesiva entre as duas faces da madeira tendo a premissa de que madeiras com baixa densidade podem originar uma linha de cola “faminta” e madeiras de alta densidade uma linha de cola não ancorada. A temperatura também interfere na viscosidade do adesivo, sendo que temperaturas elevadas resultam em queda na viscosidade, ocasionando maior penetração do adesivo na madeira, o que resulta em formação de linha de cola faminta (IWAKIRI, 2005).

CONCLUSÃO

Foram identificadas 13 etapas do processo produtivo: cozimento, secagem, descascamento, laminação, montagem, colagem, pré-prensagem, prensagem, emassamento, esquadrejamento, lixamento, empacotamento e pesagem.

O PNQM é uma importante ferramenta para melhora da qualidade do painel compensado brasileiro, já que possibilita a padronização do produto e do processo produtivo uma vez instalado na empresa. Por estar atrelado a exigências das normas europeias, garante a competitividade e inserção no mercado europeu.

A empresa apresentou 52% de conformidades com os requisitos do PNQM e 19% das diretrizes não se aplicavam a realidade da empresa por esta não fazer a juntagem lateral e não utilizar imunizante e catalizador por trabalhar com resina fenólica.

As propriedades mecânicas de cisalhamento de linha de cola estão acima do valor preconizado pela norma europeia e PNQM, apesar de utilizar um menor teor de sólidos que o sugerido pela norma. As propriedades de MOR e MOE estão próximos dos valores de resistência dos painéis compensados produzidos no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação tecnológica concedida e a empresa que Dallo Madeiras Ltda pela parceria, acessibilidade e consentimento na realização do projeto. Aos laboratórios de Tecnologia da Madeira e de Anatomia e Qualidade da Madeira da Universidade do Paraná pela ajuda nas análises mecânicas dos painéis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, V. C. S.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis compensados de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*.** *Cerne*, v.17, n.1, p.103-108, 2011.

ANDRADE, A.; GALINA, I.C.M.; JANKOWSKY, I.P.; LIMA, J.O.S.; MILAN, M.; ALMEIDA, N.F.; VIEIRA NETO, R. P.; TAKESHITA, S. **Auditoria em certificação da qualidade para pisos de madeira.** Piracicaba, ANPM, 2013, 138p.

ANDRADE, A. **A certificação como estratégia para melhoria da qualidade de pisos de madeira.** 2014a. 127f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014a.

_____. **Auditoria em certificação da qualidade para pisos de madeira.** Piracicaba: ANPM. 2014b.

APA – The Engineered Wood Association. **PSI-95, Construction and Industrial Plywood.** Washington. 40p. 1996.

_____. The Engineered Wood Association. **PSI-09 Structural Plywood.** Washington: 2010

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **CB-31: projeto de normas 31.000.05.001/1: chapas de madeira compensada.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Catálogo técnico de compensados de Pinus.** Curitiba: ABIMCI, 2002.

_____. **Programa Nacional da Qualidade da Madeira.** Curitiba, 2008.

_____. **Parâmetros para compensados de madeira tropical e Pinus PNQM-CT e PNQM-CP.** Curitiba, 2009.

ACR. ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Exportação de produtos de madeira.** 2018. Disponível em: <http://www.acr.org.br/noticia.php?Id=228>. Acesso em 24 de abril de 2018.

AGEFLOR. ASSOCIAÇÃO GAÚCHO DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Programa de Qualidade da Madeira passa por atualização e fica mais completo.** 2017. Disponível em: <http://www.ageflor.com.br/noticias/mercado/programa-de-qualidade-da-madeira-passa-por-atualizacao-e-fica-mais-completo>. Acesso em 29 de abril de 2018.

BATISTA, G. R.; LIMA, M. C. C.; GONÇALVES, V. S. B.; SOUTO, M. S. M. L. **Análise do processo produtivo: um estudo comparativo dos recursos esquemáticos.** In: XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Fortaleza-, **Anais...** Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_TR450307_7954.pdf. Acesso em 28 de janeiro de 2018.

BONFATTI JÚNIOR, E. A.; LENGOWSKI, E. C. LUDKA JÚNIOR, A. **Mapeamento do processo produtivo de Erva-mate.** *Revista Internacional de Ciências*, v.8, n.1, p-82-98, 2018.

BORTOLETTO JUNIOR, G.; GARCIA, J.N. **Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados.** *Revista Árvore*, v.28, n.4, p.563-570, 2004.

CURY, A. **Organização e métodos: uma visão holística.** 9. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.** Lisboa, 2004.

_____. **EN 314-1: plywood – Bonding Quality. Part 1: Test methods.** Londres, 2004.

_____. **EN 314-2: contraplacados – Qualidade da colagem. Parte 2: Requisitos.** Lisboa, 2002.

_____. **EN 323: wood based panels – Determination of density.** Londres, 2002

- FABRICIO, A.; HOSS, M.; GODOY, L. P.; PINHEIRO, E.; CEMBRANEL, P. **Proposta de metodologia para identificação de perdas produtivas: um estudo em padaria e confeitaria.** Revista de Administração e Comércio Exterior, v.3, n.2, p.61-86, 2017.
- INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Instrução normativa para Pisos de Madeira Maciça.** Portaria 413. INMETRO, 2014.
- IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 2005.
- IWAKIRI, S.; SILVA, J.C.; SILVA, J.R.M.; ALVES, C.R.; PUEHING, C.A. **Produção de compensados de *Pinus taeda* L.E e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de adesivo uréia formaldeído.** Revista Árvore, v.26, n.3, p.371-375, 2002.
- IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; LIMA, A. J. M.; FERREIRA, E. S.; BATISTA, D. C.; ROMÃO, S. A. A. **Produção de painéis compensados de *Pinus* tropicais colados com resina fenol-formaldeído.** Floresta, v.39, n.3, p.669-673, 2009.
- IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; FERREIRA, E. S.; PRATA, J. G.; TRIANOSKI, R. **Produção de painéis compensados estruturais com diferentes composições de lâminas de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribea*.** Revista Árvore, 36, v.3, p.596-576, 2012.
- LAGE JÚNIOR, M. **Mapeamento de processos de gestão empresarial.** Curitiba: Intersaberes, 2016.
- LOBATO, K.C.D.; LIMA, J.P. **Characterization and evaluation of selection processes of urban solid waste through mapping technique.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, n.4, p.347-356, 2010.
- MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- MEDINA, J.C. **Efeito da temperatura de aquecimento na produção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** 1986. 114f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1986.
- OLANDOSKI, D.P. **Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústrias de chapas compensadas.** 2001. 105f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2001.
- PEREIRA, Y.V.; DE MORAES, W.F.A.; SALAZAR, V.S. **Recursos competitivos no empreendedorismo internacional: uma análise qualitativa em empresas exportadoras.** Gestão e Produção, v.24, n.3, p.477-487, 2017.
- PETERSON, J.; ZIGER, M. **Avaliação das propriedades mecânicas de painéis compensados de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus dunnii*/*Pinus taeda*.** Cerne, v.13, n.3, p.329-338, 2007.
- POLZL, W.B.; POLZL, P.F.K.; SANTOS, A.J.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R.T. (2010). **Perfil produtivo das empresas de madeira compensada no estado do Paraná.** Revista Árvore, v.34, n.1, p.189-196, 2010.
- POLZL, P.F.K. **Análise da produtividade em fábricas de painéis compensados plastificados.** 2011. 90f. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. 2011.
- PRATA, J.G. **Desempenho de um sistema de qualidade em uma fábrica de painéis compensados.** 2006. 106f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.
- RIBASKI, N. G. **Aspectos mercadológicos da produção de compensados do estado do Paraná.** 2012. 96f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro, Irati. 2012.
- RIBASKI, N.G.; HILLING, E.; MIRANDA, G.M.; CATAPAN, D.C. **Análise da Produção de Compensados do Estado do Paraná.** Journal of Brazilian Development, v.3, n.1, p.2-33, 2017.
- SANTOS, A. S. **Panorama do comércio de madeira serrada e perspectivas para o comércio de madeira certificada na Microrregião Geográfica de Florianópolis.** 2011. 156f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2011.

SEBRAE. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2014**. 7. ed. São Paulo: SEBRAE, 2015.

SNIF. SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. (2017). **Exportação e Importação**. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/>. Acesso em: 23 de abril de 2018.

STARK, N.M.; CAI, Z.; CARLL, C. **Wood-based composite materials panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber and wood-nonwood composite materials**. In *Wood handbook—Wood as an engineering material, General Technical Report FPL-GTR-190*. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI. 2010.

VIEIRA, M.C.; BRITO, E.O.; GONÇALVES, F.G. **Evolução Econômica do Painel Compensado no Brasil e no Mundo**. Floresta e Ambiente, v.19, n.3, p.277-285, 2012.