**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Gerenciamento de resíduos madeireiros em pequenas indústrias de
produtos de madeira de maior valor agregado**

Mariana de Araújo Lopes

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2016**

Mariana de Araújo Lopes
Engenheira Florestal

**Gerenciamento de resíduos madeiros em pequenas indústrias de produtos de madeira
de maior valor agregado**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **GERALDO BORTOLETTO JÚNIOR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Lopes, Mariana de Araújo

Gerenciamento de resíduos madeireiros em pequenas indústrias de produtos de madeira de maior valor agregado / Mariana de Araújo Lopes. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.

137 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Sustentabilidade 2. Produção mais limpa 3. Política Nacional de Resíduos Sólidos
4. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos 5. Cadeia produtiva madeireira I. Título

CDD 634.983
L864g

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

A minha Mãe Mabel Pereira de Araújo
(*in memorian*) e ao meu filho Pablo, aos
quais dedico com muito amor.

AGRADECIMENTOS

Sou grata ao Deus que habita em mim, a toda espiritualidade amiga e ao meu anjo da guarda por todo o auxílio, me fortalecendo, me ajudando a ter paz interior e a nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu filho Pablo de Araújo Vieira, que é meu companheiro de todas as horas, todo o meu amor e carinho.

Especialmente, aos orientadores Prof. Dr. Geraldo Bortoletto Jr e a querida Professora Dra. Adriana Maria Nolasco pelo imenso trabalho, paciência, ajuda, amizade e ensinamentos.

À Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz e ao Departamento de Ciências Florestais. Aos funcionários, Giovana Monteiro e Margarete Zandoná Pinese por todo o auxílio, paciência e amizade. Ao Sidney Antônio Theodoro, Eliezer Obrownick Cotrim e Jerônimo A. P. Alves, pela amizade e constante e disponibilidade em colaborar.

Aos Professores Dr. Edson José Vidal da Silva, Dr. Ivaldo Jankowsky, Dr. Mario Tomazello Filho, por todas as contribuições ao trabalho e a minha formação e pela amizade. Especialmente ao Engenheiro Florestal Luiz Santini Jr pelo auxílio na identificação/ confirmação das espécies madeiras.

À Naléssio Esquadrias Artesanais que possibilitou a realização do estudo de caso. A todos os funcionários, principalmente os da marcenaria pela ajuda e colaboração na coleta de dados e à direção da empresa pela acolhida e amizade.

Aos amigos Clarissa Maria Aguiar e Willy Weissshuhn por todo o companheirismo, pela ajuda e amizade, fundamentais para eu conseguir realizar o curso de mestrado.

À querida amiga, Rosângela dos Santos Arruda por todo suporte e auxílio para meu autoconhecimento, que foi fundamental para eu superar todos os desafios durante o período do curso de mestrado.

À minha família de Garça-SP, principalmente aos meus irmãos Natália, Felipe e Lucas, que sempre colaboraram imensamente para meu progresso, minha eterna gratidão e amor.

À amiga Silvia Eugenia Barrera Berdugo por todo o companheirismo e amizade.

Ao amigo MSc. Gustavo Martins Soares, pela amizade, paciência e tempo para me ajudar com a estatística.

A CAPES pelo financiamento da pesquisa.

Enfim, a todos os amigos que estiveram comigo neste período do mestrado, pelo aprendizado e companhia, sobretudo aos que permaneceram nos momentos difíceis me auxiliando e encorajando a nunca desistir.

EPÍGRAFE

Como é possível sentir paz e ter felicidade consumindo irracionalmente os recursos naturais que nos mantém? A ciência nos dá a ferramenta para a solução dos problemas ambientais. Como utiliza-la é a questão. Uma escolha que depende de uma nova consciência ambiental, pois sem paz é difícil viver e até mesmo sobreviver se torna um desafio.

“Mude a si mesmo e terá mudado uma parte do mundo”
Osho

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE QUADROS	
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	
1 INTRODUÇÃO	25
1.1 Objetivos	28
2 DESENVOLVIMENTO	29
2.1 Revisão bibliográfica	29
2.1.1 Resíduos sólidos: conceito, caracterização e classificação	29
2.1.2 Gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil	31
2.1.3 Método para elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos industriais	38
2.1.4 Gerenciamento de resíduos nas indústrias madeireiras.....	41
2.1.4.1 Resíduo madeireiro: conceito, caracterização e classificação	41
2.1.4.2 Desafios e oportunidades no gerenciamento de resíduos nas indústrias de PMVA	42
2.2 Material e métodos.....	55
2.2.1 Local de estudo	55
2.2.2 Estudo de caso.....	56
2.2.3 Coleta de dados	57
2.2.4 Identificação, caracterização e classificação dos resíduos madeireiros e suas causas de geração	60
2.2.5 Quantificação dos resíduos	63
2.2.6 Identificação dos pontos críticos de geração de resíduos e caracterização e avaliação do modelo de gerenciamento de resíduos da empresa	65
2.2.7 Elaboração do modelo de plano de gerenciamento de resíduos.....	66
2.3 Resultados e discussão	67
2.3.1 Caracterização da empresa e variáveis de produção	67
2.3.2 Levantamento das variáveis de produção e diagnóstico dos resíduos madeireiros	70
2.3.2.1 Matéria prima.....	70
2.3.2.2 Fluxogramas da produção dos produtos estudados.....	74
2.3.2.3 Identificação, caracterização e classificação dos resíduos madeireiros.....	78

2.3.2.4 Produtos.....	86
2.3.2.5 Análise dos recursos humanos	87
2.3.2.6 Análise do gerenciamento de resíduos	89
2.3.2.7 Quantificação de resíduos e de rendimento gerados por produto	90
2.3.2.8 Aspectos econômicos da geração de resíduos	99
2.3.3 Avaliação do sistema atual de gerenciamento de resíduos da empresa: desafios e oportunidades	100
2.3.4 Pontos críticos de geração de resíduos	102
2.3.5 Elementos para o plano de gerenciamento de resíduos madeireiros para pequenas indústrias de PMVA	104
2.3.5.1 Diagnóstico de resíduos.....	105
2.3.5.2 Ações para o gerenciamento adequado dos resíduos madeireiros	107
2.3.5.2.1 Ações para redução da geração	107
2.3.6 Propostas de ações para valorização dos resíduos.....	109
2.4 Modelo Simplificado de PGRS para as indústrias de PMVA	113
3 CONCLUSÕES.....	121
REFERÊNCIAS	123
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	131
ANEXOS	133

RESUMO

Gerenciamento de resíduos madeireiros em pequenas indústrias de produtos de madeira de maior valor agregado

No Brasil, o setor de produtos de madeira maciça de maior valor agregado é composto por um grande número de micro e pequenas empresas familiares, de capital nacional e que fabricam esquadrias, móveis, pisos e outros produtos sob encomenda. Essas empresas são geradoras de grande quantidade e diversidade de resíduos madeireiros com gerenciamento inadequado que resultam em impactos negativos para o ambiente e para a saúde pública, prejudicando a imagem da empresa. Este trabalho teve por objetivo, através de um estudo de caso realizado em uma pequena indústria de produtos de madeira de maior valor agregado (PMVA) localizada no município de Piracicaba - SP, identificar as não conformidades e principais desafios enfrentados pelo setor no gerenciamento dos resíduos madeireiros, visando obter informações necessárias para elaboração de um modelo de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), atendendo às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com base no Produção Mais Limpa. Através de observações “in loco”, entrevistas com funcionários, análise de documentações e quantificação dos resíduos em cada operação da fabricação, foi realizado um diagnóstico da geração de resíduos. Após caracterização, os resíduos foram classificados quanto a origem e periculosidade com base na PNRS e na NBR 10.004:2004. Foram identificados, ainda, as causas de geração e os pontos críticos de geração de cada tipo de resíduo madeireiro. Para avaliação do sistema produtivo e de gerenciamento de resíduos em operação na empresa, foi utilizado o método “Diagrama de Árvore”. Posteriormente, elaborado o modelo de PGRS. Os resíduos madeireiros da empresa foram classificados como de origem industrial e Classe II A, pois não recebem nenhum tipo de produto químico nos processos produtivos. Os produtos com menores rendimentos foram decks e guarnições com 52,66% e 52,85% e com maiores geração de resíduos foram batentes, com 11,04%, resíduos grossos; assoalhos 34,69% de finos; e guarnições, 22,18,12% sendo material de aproveitamento. As principais causas de geração de resíduos foram relacionados à falta de modulação entre a matéria prima e o desenho do produto e elevada incidência de defeitos na madeira. Os pontos mais críticos de geração foram: (i) a secagem da madeira, cujos problemas ocasionando descartes; (ii) na fabricação de portas, os cortes na largura (serra circular) e desengrossamento; (iii) para guarnições, em corte na largura (serra circular); (iv) para deck, no fresamento (moldureira); (v) para assoalho, a utilização de respigadeira ao invés da moldureira para o fresamento; e (vi) para batentes, desengrossadeira e destopadeira. As ações prioritárias indicadas foram: melhoria da qualidade da matéria prima; manutenção de equipamentos e capacitação dos funcionários. Verificou-se que o modelo atual de gerenciamento de resíduos da empresa era de destinação adequada e valorização dos resíduos, porém faltavam ações para redução de geração. Foi elaborado um modelo de PGRS com ações prioritárias para a redução de geração e maior valorização dos resíduos, que poderá ser aplicado em empresas do setor de produtos acabados de madeira maciça de porte de características semelhantes, contribuindo para o atendimento à legislação e maior sustentabilidade na cadeia produtiva.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Produção mais limpa; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; Cadeia produtiva madeireira

ABSTRACT

Wood waste management in small industries of higher value-added wood products

In Brazil, the solid wood products sector with higher added value consists of a large number of micro and small family businesses, national capital that manufacture frames, furniture, flooring and other products on request. These companies are generating large and diverse amounts of wood waste, together with inadequate management of this waste, resulting in negative impacts to the environment and to public health, damaging the company. This study aims, through a case study of a small higher value-added wood products industry located in Piracicaba - SP, to identify non-compliance and major challenges facing the sector in the management of wood waste in order to obtain information necessary for the preparation of a model of Solid Waste Management Plan, following the guidelines of the National Solid Waste Policy based on Cleaner Production. Through observations "in loco", interviews with employees, review of documentation and quantification of residues at each manufacturing operation, we arrived at a diagnosis of waste generation. After characterization, the waste were classified according to origin and danger based on PNRS and NBR 10004: 2004. We have identified the operative factors and critical points of generation of each type of wood waste. To evaluate the productive system and operating waste management of the company, we used the "tree diagram" method. Subsequently developed the model of Solid Waste Management Plan. The wood waste of the company were classified as industrial and Class II "A" source because they does not receive any chemicals during the production processes. Products with lower incomes were decks and frames with 52.66% and 52.85%; with higher waste generation were jambs, with 11.04% of thick waste; in the floor 34.69% of fine waste; and frames, 22.18% of use material. The major factors generating residues were related to the lack of modulation between the raw material and product design, high incidence of defects in the wood before and after drying, defects in the wood and inappropriate moisture content. The most critical points of the generation were: (i) the drying of wood, whose disposal problems subsequently appeared during the wood processing; (ii) the manufacture of doors, the cuts in width (circular saw) and thicknesser; (iii) frames, in cutting width (circular saw); (iv) on the deck, in milling (molding); (v) in the floor, use of a tenoning machine instead of molding for milling; and (vi) form jambs, in thicknesser and cross-cut. The priority actions recommended were better quality raw material; maintenance of equipment and training of employees. It was found that the current model of waste management of the Company was appropriate disposal and recovery of waste, but lacked actions to generate savings. A model of SWMP with priority actions to reduce generation and greater recovery of waste was produced and can be applied in companies of the finished products of solid wood sector size and similar characteristics, contributing to compliance with legislation and greater sustainability in productive chain.

Keywords: Sustainability; Cleaner production; National Solid Waste Policy; Solid Waste Management Plan; Timber production chain

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma geral para caracterização e classificação de resíduos (ANBT, 2004a)	29
Figura 2 - Resíduos dispostos sobre o solo em área de bota-fora no município de Piracicaba, SP – modelo Tradicional de gerenciamento de resíduos sólidos (Foto: Nolasco, 2012)	30
Figura 3 - Modelo de Fim-de-Tubo (<i>End of Pipe</i>)	31
Figura 4 - Modelo integrado de gerenciamento de resíduos sólidos (NOLASCO et al., 2013)	32
Figura 5 - Etapas para elaboração do PGRS	36
Figura 6 - Geração de resíduos da cadeia produtiva de PMVA	42
Figura 7 - Possibilidades de aproveitamento dos resíduos	48
Figura 8 - Produtos analisados no estudo de caso (A - deck; B – assoalho; C- guarnição; D – batente; E – porta)	56
Figura 9 - Esquema para leitura do resultado do “teste do garfo”	61
Figura 10 - Medição dos resíduos. (A) resíduos grossos gerados na destopadeira; (B) à esquerda, resíduos grossos e a direita material de aproveitamento obtidos na operação em serra circular	62
Figura 11 - Estocagem da matéria-prima no pátio externo	66
Figura 12 - Leiaute do galpão da marcenaria (S – serra; A – plaina; F - tupia; D – desengrossadeira; U – furadeira; X – lixadeira)	67
Figura 13 - Diversidade de modelos de portas na empresa estudada	67
Figura 14 - Principais tipos de defeitos na madeira na geração de resíduos (A) grã revessa; (B) rachaduras; (C) nós soltos; (D) ataques de insetos	69
Figura 15 - Falhas de armazenamento da madeira bruta aumentando a ocorrência de defeitos nas tábuas	70
Figura 16 - Resultado do “Teste do garfo” – (A) cedroarana, apresentando endurecimento superficial; (B) garapeira, apresentando endurecimento superficial invertido e ligeiro endurecimento superficial; (C) garapeira, comportamento da amostra com presença de nó, prejudicando o resultado do teste	70
Figura 17 - Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados à matéria-prima	71

Figura 18 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de batentes e resíduos gerados em cada operação.....	73
Figura 19 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de portas e resíduos gerados em cada operação.....	74
Figura 20 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de guarnições e resíduos gerados em cada operação.....	75
Figura 21 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de decks e resíduos gerados em cada operação.....	75
Figura 22 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de assoalho e resíduos gerados em cada operação.....	76
Figura 23 - Tipos de resíduos. (A) Resíduos finos; (B) Material de aproveitamento (madeira com dimensões reduzidas ou madeira com defeitos aproveitada para fazer outros produtos); (C) Material de aproveitamento (recebidos pelo fornecedor com comprimento menores e/ou maiores espessuras); (D) Resíduos grossos.	77
Figura 24 - Caracterização granulométrica dos resíduos finos. (A) serragem; (B) pó de lixadeira; (C) maravalha; (D) cavaco.....	78
Figura 25 - Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados a produto.....	84
Figura 26- Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados à mão de obra.....	87
Figura 27 - Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados ao gerenciamento de resíduos.....	88
Figura 28 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de portas e erro padrão (em percentagem).....	89
Figuras 29 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de batentes e erro padrão (em percentagem).....	89
Figura 30 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de guarnições e erro padrão (em percentagem).....	90
Figura 31 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de decks e erro padrão (em percentagem).....	90
Figura 32- Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de e assoalhos e erro padrão (em percentagem).....	91
Figura 33 - Destinação dos resíduos de madeira na indústria estudada.....	99
Figura 34 - Exemplo de geração de resíduos grossos devido ao desenho de produto. (A) porta com corte realizado em forma de “meia lua”, (B) resíduos grossos decorrentes do corte em “meia lua”	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões dos tipos de resíduos de madeira.....	41
Tabela 2 - Dimensões dos produtos (portas e guarnições.....	57
Tabela 3 - Dimensões dos produtos (batentes e pisos).....	57
Tabela 4 - Lotes de madeira bruta utilizados na fabricação dos produtos.....	58
Tabela 5 - Dimensões da matéria-prima para fabricação dos produtos.....	69
Tabela 6 - Volume médio de geração de resíduos por unidade de produto.....	92
Tabela 7 - Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de portas.....	93
Tabela 8 - Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de guarnições.....	95
Tabela 9 - Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de decks.....	96
Tabela 10- Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de assoalhos.....	97
Tabela 11 - Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de batentes.....	98
Tabela 12 - Perdas econômicas por quantidade de matéria prima processada para produzir uma unidade de cada tipo de produto.....	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características físicas e formas potenciais de valorização dos resíduos madeireiros das indústrias de pisos de madeira (NOLASCO et al.; 2013)	48
Quadro 2 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de guarnições.....	80
Quadro 3 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de assoalhos.....	81
Quadro 4 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de decks.....	81
Quadro 5 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de portas.....	82
Quadro 6 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de batentes.....	83
Quadro 7 - Formas de valorização dos resíduos madeireiros pela empresa.....	100
Quadro 8 - Identificação, caracterização e classificação dos resíduos madeireiros e suas causas de geração.....	105
Quadro 9 - Vantagens e desvantagens das soluções atuais adotadas pela empresa no gerenciamento dos resíduos.....	106
Quadro 10 - Ações para reduzir a geração de resíduos.....	108
Quadro 11 - Possibilidade de ações para valorização dos resíduos madeireiros em pequenas empresas de PMVA.....	109
Quadro 12 - Indicadores, índices e monitoramento do PGRS.....	111
Quadro 13 - Identificação do gerador de resíduos sólidos.....	113
Quadro 14 - Quantidade de cada tipo de resíduo madeireiro produzido pela Naléssio Esquadrias Artesanais.....	113
Quadro 15 - Informações sobre a destinação dos resíduos madeireiros gerados na Naléssio Esquadrias Artesanais.....	115
Quadro 16 - Cronograma do Programa de Educação Ambiental da Naléssio Esquadrias Artesanais.....	116
Quadro 17 - Ações para redução de geração de resíduos de madeira e monitoramento.....	117
Quadro 18 - Ações para valorização de resíduos de madeira e monitoramento.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

APL – Arranjo Produtivo Local

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

CDL - Certificado de Dispensa de Licença

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

DDS - Diálogo Diário de Segurança

DOF - Documento de Origem Florestal

EPA – Equipamentos de Proteção Ambiental

EPI - Equipamentos de Proteção Individual

FSC - Forest Stewardship Council

GIREM - Projeto de Apoio à Gestão Municipal de Resíduos Sólidos

ISO – International Organization for Standardization

LI - Licença de Instalação

LO - Licença de Operação

LP - Licença Prévia

MCE - Memorial de Caracterização do Empreendimento

NBR – Norma Brasileira

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMVA- Produto Madeireiro de Maior Valor Agregado

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PNGR - Plano Nacional de Gestão de Resíduos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

POM – Pequenos Objetos de Madeira

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEDEMA - Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente

SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente

SINIR - Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária - SNVS

SUASA - Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

TCFA - Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração de resíduos madeireiros é estimada em cerca de 85.000.000 m³/ano, somente na colheita e processamento mecânico nas serrarias. Já, na indústria, estima-se que seja em torno de 28.000 toneladas/ano de resíduos madeireiros, sendo grande o seu potencial de geração de impactos ambientais negativos, quando mal manejado (BRASIL, 2011).

Os elevados desperdícios de madeira na fabricação de produtos madeireiros de maior valor agregado (PMVA) são extremamente relevantes e comprometem a sustentabilidade tanto do ponto de vista econômico, pois contribui para uma baixa eficiência, aumento de custos e redução do lucro; quanto do ponto de vista ambiental, devido a problemas como maior demanda por madeira e intensificação da exploração florestal, geração de passivos ambientais, problemas de saúde pública quando queimados a céu aberto, entre outros.

A geração de resíduo madeireiro ocorre ao longo de toda a cadeia produtiva dos PMVA. Na exploração florestal convencional, estima-se um rendimento abaixo de 50%, sendo um grande volume de madeira abandonado no campo na forma de galhos, árvores mortas ou danificadas pelas operações de colheita e toras esquecidas ao longo dos ramais de arraste. Nesse elo da cadeia produtiva algumas medidas estão sendo tomadas para a redução da geração, dentre elas, o manejo de impacto reduzido e a certificação florestal.

Nos elos seguintes, responsáveis pelo processamento mecânico da madeira e sua transformação em produtos acabados, poucas ações tem sido adotadas visando reduzir os desperdícios. As serrarias localizadas no norte do país são em grande parte obsoletas e de baixo rendimento (GERWING et al., 2001; LEÃO, 2012; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2002). As grandes indústrias de PMVA têm adotado, recentemente, uma série de medidas para melhor aproveitamento da matéria prima e redução dos impactos negativos do gerenciamento inadequado dos resíduos madeireiros, dentre elas, a diversificação de sua linha de produtos utilizando materiais anteriormente descartados como resíduos, o uso dos resíduos finos e de pequenas dimensões como fonte de energia ou sua venda para outros setores.

Entretanto, as pequenas e médias empresas do setor ainda enfrentam muitos desafios para aumentar o aproveitamento da madeira, reduzir a geração e dar destinação adequada aos seus resíduos. Como resultado, contribuem para um aumento na intensidade de exploração florestal, uma vez que para um mesmo volume de produto acabado fabricado, maior quantidade de madeira é necessária, considerando o baixo rendimento dos processos;

encontram grande dificuldade para realizar o manejo adequado de seus resíduos, muitas vezes dispondo de forma inadequada e ilegal em terrenos baldios, cursos d'água, beiras de estradas, voçorocas ou, ainda, queimando a céu aberto causando poluição do ar e problemas de saúde pública.

Com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em agosto de 2010, foram definidas diretrizes e requisitos técnicos e legais para o correto gerenciamento dos resíduos, tanto pelo setor público como para o setor privado. Com isso, federação, estados e municípios deverão desenvolver seus Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) para ter acesso aos recursos da União para o manejo dos resíduos de sua responsabilidade e as indústrias terão que elaborar e apresentar aos órgãos competentes seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos para obter a licença de operação.

Num primeiro momento, foram mais visadas em relação ao cumprimento da lei as grandes indústrias, que devem apresentar seus planos aos órgãos ambientais do Estado sempre que pedirem a licença de operação ou sua renovação.

Atualmente, os municípios começaram a estruturar seu modelo de gestão de resíduos sólidos e, como responsáveis pelo monitoramento dos pequenos geradores industriais, iniciam a definição dos modelos de planos simplificados que deverão ser apresentados às prefeituras e o serviço de recebimento, avaliação e monitoramento.

Cabe ressaltar que, independente da definição do porte em função da renda líquida ou do número de funcionários, no caso do gerenciamento dos resíduos sólidos, o que irá definir se a indústria é um pequeno gerador é a quantidade gerada, que deve ser compatível com o volume domiciliar, e a classificação dos resíduos gerados. Somente geradores de resíduos de Classe II A ou Classe II B com geração de pequenos volumes poderão apresentar planos simplificados às prefeituras municipais. Assim, uma pequena indústria geradora de grande volume de resíduos ou de resíduos perigosos – Classe I – obrigatoriamente terá que elaborar o plano de gerenciamento de resíduos completo e encaminhar ao órgão ambiental do Estado.

Essa mudança traz novos desafios para as indústrias madeireiras e exigirá nos próximos anos uma reestruturação da produção e administração, incorporando conceitos e valores ambientais, além de ferramentas de redução da geração, valorização, tratamento e disposição de resíduos e controle da poluição, visando atender a legislação vigente.

Para sanar problemas de poluição nas indústrias, foram criadas ferramentas como o Programa de Produção mais Limpa (P+L) e o Ecodesign no encontro mundial do PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente realizado em 2003 (PNUMA, 2005) no Marrocos, quando se iniciou o “Processo de Marrakesh”, onde houve uma discussão mais

formal sobre programas voltados ao consumo e produção sustentáveis, sendo um marco histórico para o aumento da sustentabilidade (WOOLMAN; VESHAGH, 2006).

Atualmente, em muitos setores, a adoção dessas ferramentas é essencial para a permanência das empresas no mercado (FARIAS et al., 2008). Em diversas feiras internacionais já são comuns pavilhões específicos para produtos sustentáveis. Não obstante, ainda é incipiente essa mudança de paradigma no Brasil, pois nossos consumidores ainda estão pouco atentos à necessidade de produtos sustentáveis e as ações de eco eficiência industrial eram voluntárias. Agora, com a necessidade de atender à legislação federal, normas e regulamentações técnicas resultantes dela, esse cenário tende a mudar (LEITE; PIMENTA, 2011; SOARES, 2009; SOARES et al., 2012).

No setor moveleiro, por exemplo, grupos de trabalho de entidades de apoio às APL (Arranjo Produtivos Locais) vêm se organizando para motivar as empresas, a adotar matéria prima certificada, legal e produzida com baixo impacto e a buscar formas adequadas de destinação dos seus resíduos (FARIAS et al., 2008). Todavia, as ações ambientais que têm sido mais realizadas nas indústrias de produtos acabados de madeira maciça, no Brasil, podem ser agrupadas em soluções de Final-de-Tubo e em soluções de P+L, sendo que a última depende de fatores como capital disponível para investimentos, capacidade tecnológica e gerencial, e política das empresas (LEITE; PIMENTA, 2011).

As pequenas indústrias de PMVA possuem características comuns como seu pequeno porte, baixa capacidade de investimento, gerenciamento familiar, entre outras, que contribuem para a ineficiência ambiental devido sua falta de controle de qualidade da matéria-prima, baixo nível tecnológico, etc. (GORINI, 1998).

O presente trabalho buscou caracterizar o processo produtivo e o modelo tradicional de gerenciamento de resíduos de indústrias de PMVA de administração familiar, que utilizam como principal matéria prima a madeira maciça e que produzem, sob encomenda, tanto produtos únicos como seriados. Existem milhares de micro e pequenas madeireiras espalhadas por todo o país e que além de fabricar produtos para a construção civil, como esquadrias e pisos, também comercializam madeira serrada para fins estruturais e decorativos. Foram identificadas as não conformidades e os principais desafios a serem enfrentados pelo setor, visando obter elementos e informações fundamentais para a elaboração de um modelo de plano de gerenciamento de resíduo sólido que possa ser aplicado por empresas desse segmento.

1.1 Objetivos

Objetivo geral:

Esse estudo teve por objetivo, através de um estudo de caso realizado em uma pequena indústria de PMVA localizada no município de Piracicaba - SP, identificar as não conformidades e principais desafios enfrentados pelo setor no gerenciamento dos resíduos madeireiros, visando obter informações necessárias para elaboração de um modelo de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) que possa ser aplicado por outras indústrias do setor, atendendo às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, contribuindo para uma maior sustentabilidade na cadeia produtiva de PMVA.

Objetivos específicos:

- Identificar, caracterizar, classificar e quantificar os resíduos madeireiros e seus fatores geradores nos processos industriais de fabricação de PMVA, no caso, pisos e esquadrias de madeira, em uma pequena indústria de produção sob encomenda;
- Identificar os pontos críticos de geração desses resíduos;
- Caracterizar e avaliar o modelo de gerenciamento de resíduos atualmente adotado pela indústria e seus impactos positivos e negativos;
- Elaborar um modelo de PGRS adequado às características das pequenas indústrias de PMVA e as exigências da PNRS, que possa ser adotado por outras empresas do setor com características semelhantes.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Resíduos sólidos: conceito, caracterização e classificação

Resíduo é todo material que passou pelos processos de transformação e não se tornou produto, sendo descartado ao final da produção. Entretanto, contribuiu para os custos de produção utilizando insumos, mão de obra, tempo, desgastando equipamentos e utilizando recursos para seu tratamento e disposição final (NOLASCO et al., 2013).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) define resíduo sólido como: “...material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”. Desta forma, resíduo é o material que possui potencial de valorização e rejeito é o material que no momento não apresenta outra possibilidade de gerenciamento que não seja o tratamento e disposição final em aterro.

Os resíduos podem ser classificados de várias formas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos adota dois critérios distintos: a classificação de acordo com sua origem, que é aplicada para identificação do gerador e para definição dos responsáveis pelo seu gerenciamento; e de acordo com sua periculosidade, em resíduos perigosos e não perigosos. De acordo com a origem, os resíduos sólidos são classificados em: domiciliares; de limpeza urbana; sólidos urbanos; de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; de serviços públicos; de saneamento básico; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvopastoris; de serviços de transportes e de mineração. Quanto à periculosidade, são considerados perigosos quando apresentarem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade ou mutagenicidade e representarem significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, norma técnica ou resolução (BRASIL, 2010).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2004a) a norma 10.004:2004 classifica os resíduos sólidos em três classes:

- Classe I - resíduos perigosos. São aqueles que em função das suas características físicas, químicas ou infecto-contagiosas representam riscos à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; ou ao meio ambiente, quando manejados de maneira inadequada. Podem ser classificados como perigosos em função de características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou constam nos anexos “A” e “B” da norma;
- Classe II A - resíduos não perigosos, não inertes. Podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Classe II B - resíduos não perigosos, inertes. Não possuem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR 10.007 (ABNT 2004b), e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme NBR 10.006 (ABNT, 2004c), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor conforme anexo G da NBR 10.004 (ABNT, 2004a).

Os métodos para caracterização e classificação de resíduos sólidos quanto à periculosidade são dados por um conjunto de normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), apresentado abaixo:

- NBR 10.004:2004 – Classificação de resíduos;
- NBR 10.005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos;
- NBR 10.006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos;
- NBR 10.007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos;
- NBR 12.988:1993 – Líquidos livres – verificação em amostra de resíduos (ABNT, 1993).

Dessa forma, a classificação dos resíduos deve seguir os seguintes passos, de acordo com a Figura 1, onde se verifica se o resíduo é perigoso, inerte ou não inerte, de acordo com a norma ABNT 10.004:2004.

Figura 1 - Fluxograma geral para caracterização e classificação de resíduos (ANBT, 2004a)

2.1.2 Gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil

O gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação e disposição final dos rejeitos de acordo com as diretrizes legais (BRASIL, 2010).

Existem três modelos de gerenciamento de resíduos sólidos adotados no Brasil: Tradicional, altamente poluidor; Fim-de-Tubo, que tem foco apenas o tratamento, destinação e disposição final dos resíduos sólidos de acordo com padrões legais de lançamento; e a Gestão Integrada, cujo foco está na redução da geração e valorização dos resíduos visando maior sustentabilidade nos sistemas produtivos (NOLASCO et al., 2013).

No Brasil, durante séculos não houve preocupação com o esgotamento dos recursos naturais, geração e destinação dos resíduos ou com problemas de poluição ambiental, faltando inclusive leis ambientais que contemplassem tais aspectos. Havia dispersão dos instrumentos legais de gestão dos resíduos sólidos, que eram contidos em diversas instâncias de poder, eram ineficazes e com normativas superpostas, onde imperava a elasticidade das penalidades, nem sempre cumpridas pelos transgressores da lei (GODOY, 2013).

Conforme houve fenômenos como o êxodo rural e revolução industrial, as populações foram se concentrando em áreas urbanas e os resíduos aumentaram exponencialmente em quantidade, diversidade e periculosidade, agravando problemas de poluição de solo, das águas e do ar, refletindo em danos à fauna, saúde pública e degradação ambiental (NOLASCO; ULIANA, 2014). Neste contexto, o principal modelo de gerenciamento dos resíduos sólidos por muito tempo foi o tradicional, no qual os resíduos são simplesmente descartados no meio (Figura 2), sem nenhuma preocupação ambiental, resultando em impactos ambientais negativos devido à poluição decorrente dos resíduos despejados sobre o solo, nas águas ou lançados ao ar (TEIXEIRA, 2005).

Atualmente, com a PNRS, este modelo é coibido através da cobrança e aprovação dos PGRS, prevendo sanções legais nas esferas penal e administrativa através de multas, obrigatoriedade de remediação, pagamento de indenizações de acordo com a Lei 9.065/98.

Figura 2 - Resíduos dispostos sobre o solo em área de bota-fora no município de Piracicaba, SP – modelo Tradicional de gerenciamento de resíduos sólidos (Foto: Nolasco, 2012)

O gerenciamento de Fim-de-Tubo (*End of Pipe*), modelo que começou a ser utilizado na década de 1970, possui característica legalista, mas trouxe grandes contribuições para um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos (Figura 3). Nesse caso, o Estado é o árbitro no modelo de gerenciamento, definindo os padrões de emissões aceitáveis para diferentes tipos de resíduos e compartimentos do meio. À indústria, cabe o cumprimento da lei adequando seus resíduos, através de sistemas de tratamento, aos parâmetros de lançamento no meio ou disposição em aterro. São realizadas ações para tratamento e disposição, com a finalidade de concentrar, reduzir a carga poluidora e conter os resíduos (aterro). O principal ponto negativo deste modelo é a geração de um passivo ambiental depositado em aterro, com risco constante

de vazamentos e contaminação ambiental e, nesse caso, cabendo a aplicação de multas e penalidades civil, administrativas e criminais por parte do Estado (NOLASCO et al., 2013; TEIXEIRA, 2005).

Figura 3 - Modelo de Fim-de-Tubo (*End of Pipe*)

Fonte: Nolasco et al. (2013)

A partir da década de 1990, houve a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, mais conhecida como Rio 92, época em que grandes impactos ambientais negativos de indústrias e desmatamento vieram à tona, o que resultou em uma busca pelas empresas por melhorias no gerenciamento de seus resíduos e pelo Estado do aprimoramento da legislação ambiental (NOLASCO, 2000; NOLASCO; ULIANA, 2014).

E, foi buscando soluções mais adequadas para o gerenciamento dos resíduos sólidos, que em 2010, após duas décadas tramitando no Congresso Nacional, foi aprovada a Lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que integra a Política Nacional de Meio Ambiente. Com isso, os empreendimentos terão que avançar nos seus modelos de gerenciamento de resíduos, buscando soluções mais sustentáveis ambiental e socialmente.

A PNRS adota novos princípios e diretrizes baseadas no sistema integrado de gerenciamento de resíduos sólidos (Figura 4). Desta forma, o gerenciamento de resíduos é agora realizado através da elaboração e implementação de planos com o objetivo de prevenir a geração; obter a máxima valorização (aproveitamento e reciclagem) de materiais; reduzir ao máximo o volume e/ou periculosidade dos resíduos gerados; definir as melhores soluções para

tratamento e disposição, atendendo aos requisitos legais e reduzindo os impactos negativos do manejo dos resíduos (NOLASCO; ULIANA, 2014).

Neste novo modelo, exigido pela PNRS, o foco passa a ser a prevenção da geração e a valorização dos resíduos, através de ações para aumento da eficiência na utilização dos insumos e matérias-primas, prevenção da poluição e busca de modelos mais sustentáveis de produção, através de visão e ação sistêmica e melhoria contínua dos processos, adotando novas ferramentas como, por exemplo, a “logística reversa” e o “princípio do poluidor-pagador” (GUERRA; AVZARADEL, 2013).

Figura 4 - Modelo integrado de gerenciamento de resíduos sólidos (NOLASCO et al., 2013)

A PNRS define o conteúdo mínimo para o PGRS, que deverá ser elaborado com base em um diagnóstico da geração e caracterização dos resíduos, contendo além do volume e destinação dos resíduos, também ações para sua valorização e redução de geração. São três tipos de PGRS industriais, que poderão ser apresentados:

- a) PGRS simplificado, aplicado à empresas com geração compatível com o volume de resíduos domiciliares, ou seja, pequenos geradores. Esse tipo de plano se aplica para microempresas e empresas de pequeno porte, desde que não gerem resíduos perigosos. No caso de pequenos geradores que gerem resíduos perigosos, obrigatoriamente terão que apresentar o plano completo em função dos riscos envolvidos com a manipulação e destinação desses resíduos. Nesse caso, cabe às prefeituras municipais o recebimento dos

planos e monitoramento das ações. Em termos de gerenciamento, a prefeitura municipal poderá fazer a coleta e disposição final juntamente com os resíduos sólidos urbanos ou ter um modelo de coleta e destinação específico para esses geradores, inclusive com pagamento diferenciado. Essas ações deverão ser definidas no PMGIRS;

- b) PGRS para gerador individual, de volumes não compatíveis com a geração domiciliar. Nesse caso o gerador deverá apresentar o PGRS completo, de acordo com a definição do Art. 21 da PNRS, cabendo a ele a implementação das ações previstas no plano e ao órgão ambiental competente, do Estado ou da Federação, e seu monitoramento. O plano deverá ser apresentado juntamente com a solicitação do pedido de licença de operação ou no momento de sua renovação, fazendo parte dos requisitos ambientais para aprovação de empreendimentos;
- c) PGRS integrado ou coletivo, para empresas que operam de forma integrada em arranjos produtivos juridicamente reconhecidos, tais como, distritos industriais, Arranjos Produtivos Locais (APL) e incubadoras de empresas. A entrega do PGRS deverá ser para o órgão ambiental competente do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, podendo ser nas esferas federal ou estadual, de acordo com o inciso 1º do Art. 24 da PNRS (BRASIL, 2010). Nesse caso, o plano deverá apresentar o diagnóstico de cada empresa e descrever as etapas de gerenciamento que serão realizadas sob responsabilidade coletiva e individual.

O Art. 21 da Política Nacional de Resíduos Sólidos define o conteúdo mínimo do PGRS:

I - descrição do empreendimento ou atividade;

II - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados;

III - observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária - SNVS e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária - SUASA e, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:

a) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos;

b) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador;

- IV - identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;
- V - ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes;
- VI - metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, do SNVS e do Suasa, à reutilização e reciclagem;
- VII - se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do art. 31;
- VIII - medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos;
- IX - periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do SISNAMA.

Para as indústrias, a PNRS deve ser um estímulo à adoção de novas tecnologias na fabricação, no transporte e no descarte, com indicadores e controle de resultados, objetivando melhorar a eficiência (MAGRI; DAMIATI, 2012; NOLASCO et al., 2013). Assim, ao setor empresarial cabe a redução de resíduos nas fontes geradoras, incentivando práticas que visem o não desperdício de matéria-prima e uma maior sustentabilidade na cadeia produtiva (GOMES; STEINBRUCK, 2012).

Cabe, ainda, agir de forma integrada para conseguir as mudanças necessárias e implantar novas referências no trato da produção e do consumo, focando na análise do ciclo de vida do produto e na responsabilidade compartilhada. Isso acontecerá em uma série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo, a logística reversa, a valorização dos resíduos e a disposição final dos rejeitos (MAGRI; DAMIATI, 2012).

Ao Estado brasileiro cabe o papel de ser um provedor dos serviços públicos de limpeza urbana e condutor das políticas públicas essenciais na área, com garantia de direitos sociais e adoção de um modelo de desenvolvimento com consumo sustentável (BRASIL, 2011), haja vista que a PNRS tem como princípio a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e população (CEMPRE, 2010 citado por GOMES; STEINBRUCK, 2012).

Assim, os governos municipais devem elaborar seus PMGIRS, sendo que Piracicaba-SP se destaca por já ter elaborado seu Plano, onde consta a responsabilidade das indústrias deste município sobre seus resíduos, devendo declarar ao órgão ambiental as informações referentes à geração, coleta, transporte e destinação (PIRACICABA, 2014).

No entanto, Piracicaba ainda não dispõe de um banco de dados para sistematizar essas informações, todavia, a atividade industrial é objeto de licenciamento ambiental, no qual o empreendedor de atividade industrial especificamente no caso de pequenos geradores, é obrigado a declarar ao órgão municipal, as informações sobre seus resíduos, devendo preencher o formulário do Memorial de Caracterização do Empreendimento – MCE, tipo Simplificado. Aos órgãos ambientais, como a CETESB e Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente – SEDEMA, cabe a fiscalização de atividades e empreendimentos de baixo impacto, conforme Deliberação Normativa 01/2014 do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA e Decreto Municipal No 14.015, de 28 de fevereiro de 2011. (PIRACICABA, 2014).

Há algumas barreiras a serem enfrentadas em relação a adequada elaboração dos PGRS, mesmo que a legislação vigente atribua ao gerador a responsabilidade da gestão ambientalmente segura de seus resíduos, pois supõe-se que a maioria das unidades industriais do Estado de São Paulo não tenha porte ou capacidade técnica e econômica realizar a gestão dos resíduos sólidos, com ações eficazes de não geração até a destinação correta dos rejeitos, que acabam tendo que contratar o serviço de terceiros para assessorá-los (SÃO PAULO, 2014). Segundo Godoy (2013), ainda há questionamentos sobre a real aplicabilidade da PNRS, Lei 12.305/2010, devido às características particulares do Brasil, onde há multiplicidade de leis e normas que conflitam entre si, amplo território com muitos níveis de governo, dentre outras barreiras, o que já tem levado a uma revisão dos prazos para aplicação da Lei, contestação judicial e o uso do direito a recurso são práticas habituais para liberar-se dos efeitos de uma sanção, comuns no âmbito de questões ambientais, também pela omissão e negligência por parte de algumas autoridades e pelas protelações burocráticas, administrativas e jurídicas, entre outros (JACOBI; BESEN, 2011).

Um dado interessante, que embasa os questionamentos sobre a aplicabilidade da Lei é que até fins de agosto de 2012, prazo inicialmente definido como máximo para apresentação dos PMGIRS pelos municípios, somente 10% das prefeituras tinham elaborado seus planos e, com isso, houve necessidade de revisão dos prazos pelo Congresso Nacional.

Em países mais avançados no gerenciamento de resíduos sólidos, requisitos ambientais são incorporados ao processo de desenvolvimento dos produtos, como estratégia de redução da geração de resíduos. Especificamente para resíduos de madeira, a legislação alemã, por exemplo, possui objetivos relacionados à recuperação do material, recuperação de energia, valorização e eliminação de resíduos de madeira (BUNDESMINISTERIUM, 2003). Em Portugal houve uma drástica redução da geração de resíduos de madeira entre o ano de

2004 e 2009 como resultado da aplicação do Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR 2011-2020), que instituiu metas para melhorias na gestão de resíduos até o ano de 2020 através da prevenção da geração e fomento para reutilização e reciclagem exigindo a utilização de pelo menos 5% de materiais reciclados em empreitadas de obras públicas; definindo critérios para que determinados resíduos sejam considerados como subprodutos; mecanismos para responsabilidade estendida do gerador sobre a correta disposição, reutilização, reciclagem e valorização dos resíduos, tendo em conta o ciclo de vida dos produtos e princípios de eco-design (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE - APA, 2011).

2.1.3 Método para elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos industriais

Tecnicamente, um bom plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais deve ser elaborado/conduzido em oito etapas e na ordem apresentada na Figura 5 (NOLASCO; ULIANA, 2014).

Figura 5 - Etapas para elaboração do PGRS

Na etapa 1, se faz a verificação da necessidade de elaboração/implementação do PGRS e a definição do tipo de plano que deverá ser elaborado em função dos requisitos legais e considerando-se as características do empreendimento.

O PGRS deverá ser elaborado atendendo às exigências da legislação, em consonância com a política ambiental da empresa (quando existir) e em conformidade com as normas da ABNT.

Na segunda etapa, que é de definição dos objetivos e metas, devem ser estabelecidos de maneira clara os objetivos gerais do plano e as principais metas, que posteriormente serão complementadas a partir da análise dos resultados do diagnóstico (NOLASCO et al., 2013).

Para a realização da etapa 3, diagnóstico dos resíduos, faz-se uma avaliação da área externa da empresa para identificar os tipos de resíduos gerados e seu tratamento/disposição. Devem ser elaborados fluxogramas da produção identificando cada operação que leva a geração de resíduos, isso com base no leiaute do processo produtivo para que haja um conhecimento da dinâmica do processo de produção e analisando a distribuição física, identificando setores, células produtivas, máquinas, operações, fluxos de produção, etc. Desta forma, detalhadamente, por operação/célula produtiva, são identificados os fatores geradores e quantificados os resíduos por tipo e operação geradora. Os tipos de resíduos e fatores são identificados através de observação “in loco”, com o uso de dados secundários (relatórios da empresa, estudos anteriores, etc.) e entrevista e workshops com os funcionários de cada setor, entre outros métodos (NOLASCO; ULIANA, 2014).

A quantificação dos resíduos deve ser coerente com os objetivos do plano de gerenciamento. Desta forma, os resíduos devem ser separados em função de sua periculosidade (de acordo com a norma NBR ISO 10.004/2004) e de sua classificação quanto à origem (de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos) e, então, quantificados.

A quantificação poderá ser realizada por aferição direta (pesagem, vazão, etc.) ou por estimativa (balanço de massa, modelagem empírica ou matemática, índices de geração, etc.).

A composição química deve ser determinada, no caso de resíduos cuja procedência seja desconhecida ou que não conste das listagens da NBR 10.0004:2004 para realizar a classificação do resíduo e embasar o processo de tomada de decisão quanto ao gerenciamento.

A partir dos resultados do diagnóstico são levantadas as formas possíveis de tratamento, o potencial de valorização (recuperação, reciclagem, aproveitamento, reuso), a necessidade de segregação dos resíduos na origem em função de incompatibilidade química, física e/ou biológica, as restrições legais e os aspectos de segurança relacionados ao gerenciamento.

A sazonalidade e a dispersão espacial também devem ser analisadas para se avaliar custos de recolhimento e viabilidade de aproveitamento e riscos no transporte.

A análise dos dados do diagnóstico indicará o total de produtos, sub-produtos e resíduos; os pontos críticos de geração de resíduos; a identificação dos fatores geradores; as perdas por vazamento e emissões; as perdas por tecnologia; as perdas por qualidade de matéria-prima; as perdas por capacitação de mão-de-obra e dará uma avaliação de desempenho econômico e ambiental da empresa/instituição (NOLASCO; ULIANA, 2014).

Alguns desafios comuns para realização do diagnóstico são a resistência das empresas à mudanças e paradas na produção para coleta de dados, a falta de recursos financeiros, a falta de organização e registro de informações na empresa e as limitações no tempo e recursos humanos (NOLASCO et al., 2013).

Cumpridas as etapas anteriores, realiza-se a etapa 4, onde deverão ser definidas as prioridades, metas e soluções em função dos problemas de maior gravidade devido ao grande volume ou periculosidade; resíduos de maior risco ambiental e para a saúde pública; problemas que estão resultando em maior pressão pelos grupos internos e /ou externos, comprometendo a imagem da empresa; não conformidades já identificadas pelos órgãos ambientais e que estão em processo de ajustamento de conduta; entre outros (NOLASCO et al., 2013).

Na etapa 5, há o levantamento e seleção das soluções e a elaboração de programas de ações visando a redução da geração, a valorização e a disposição adequada dos rejeitos (NOLASCO et al., 2013).

Na etapa 6 são implementados as ações e os programas que foram elaborados para maior sustentabilidade no gerenciamento dos resíduos (NOLASCO et al., 2013).

Na etapa 7 é realizado o monitoramento das ações implementadas e a reformulação do plano com base em verificação e ação corretiva, utilizando-se indicadores e índices para se medir o desempenho das ações propostas, verificando-se as não-conformidades e definindo-se as ações corretivas, preventivas ou de precaução (NOLASCO et al., 2013).

Na última etapa (8), é realizado o aperfeiçoamento do PGRS, baseado nos resultados das avaliações e resultados da versão anterior do Plano, visando melhorias para o desempenho do empreendimento, de acordo com as suas particularidades e com foco em aumento da sustentabilidade em uma visão sistêmica, num processo de melhoria contínua (NOLASCO et al., 2013).

2.1.4 Gerenciamento de resíduos nas indústrias madeireiras

2.1.4.1 Resíduo madeireiro: conceito, caracterização e classificação

Resíduo madeireiro é todo material lenhoso, que em função de limitações tecnológicas ou de mercado, é descartado nas operações de colheita florestal ou na transformação da madeira em produtos acabados e/ou no fim de sua vida útil (pós-consumo, como por exemplo, resíduos de madeira de construção civil e embalagens) (ULIANA, 2005; NOLASCO; ULIANA, 2014).

A indústria de processamento mecânico da madeira é geradora de grande diversidade e quantidade de resíduos madeireiros resultantes principalmente de seu processamento mecânico na usinagem e eliminação de defeitos da madeira (ULIANA, 2005).

De acordo com a PNRS, quanto a origem, os resíduos madeireiros podem ser encontrados nas atividades industriais, nos resíduos domiciliares e nos sólidos urbanos, da construção civil, agrossilvipastoris e de serviços de transporte (BRASIL, 2014).

Os resíduos madeireiros podem ser classificados, segundo a NBR 10.004:2004, como de “Classe II A”, ou seja, resíduos não perigosos, não inertes, que podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Os resíduos madeireiros podem ser classificados, ainda, em função da atividade florestal geradora em: (i) resíduos da colheita florestal (galhos, copas, cepas, toras abandonadas ou esquecidas nas áreas de exploração, árvores quebradas, árvores mortas, etc.) (NOLASCO, 2002); (ii) resíduos de poda ou capina (copas, galhos, árvores removidas dos espaços urbanos, etc.) (MEIRA, 2010; SANTOS, J. A., 2011); (iii) resíduos industriais do processamento primário e secundário da madeira (NOLASCO; ULIANA, 2014).

Os resíduos madeireiros podem, ainda, ser classificados em função das dimensões de suas partículas em pó, serragem, cepilho ou maravalha e lenha (Tabela 1).

Tabela 1 - Dimensões dos tipos de resíduos de madeira

Resíduos de madeira	Dimensões
Pó	< 0,5 milímetros
Serragem	0,5 - 2,5 milímetros
Maravalha ou cepilho	> 2,5 milímetros
Lenha	Pedaços de madeira maciça ou chapas de tamanho variável

Fonte: Cassilha et al. (2003) citado por Melo et al. (2010)

De acordo com a NBR ISO 10.004:2004 estes resíduos são classificados como “Classe I - perigosos” apenas quando estão contaminados por produtos químicos do tratamento da madeira; tintas e vernizes ou colas.

2.1.4.2 Desafios e oportunidades no gerenciamento de resíduos nas indústrias de PMVA

Desde a década de 1990, vários estudos têm tratado da redução da geração de resíduos nas cadeias produtivas dos produtos madeireiros. Barreto et al. (1998), por exemplo, desenvolveu estudo em Paragominas (PA) comparando a extração de madeira utilizando métodos convencionais e utilizando técnicas de exploração de impacto reduzido (EIR), observou uma redução de 30% na geração de resíduos e desperdícios de madeira em relação ao sistema tradicional de exploração florestal (BARRETO et al., 1998). Esses estudos foram incorporados nos processos de certificação do manejo florestal e muito têm contribuído para a redução de perdas na exploração florestal.

Por outro lado, as serrarias desenvolveram-se com a crença de que atingiriam a eficiência máxima adotando um modelo de alto grau de verticalização. Todavia, acredita-se que este modelo, atrelado a dispersão geográfica das serrarias levam ao uso ineficiente da madeira bruta com geração de grande quantidade e diversidade de resíduos (SCHOLZ, 2000).

No processamento primário da madeira, o rendimento pode variar amplamente, de 30% a 70%, sendo que os números mais encontrados estão mais próximos ao limite mínimo. Essa variação decorre de fatores como características inerentes à espécie, requisitos de mercado, nível tecnológico e capacitação da mão de obra (ANGELO et al., 2004; BIASI; ROCHA, 2007; BRAND et al., 2002; CAMPOS, 2012; DUTRA et al., 2005; GORINI, 1998; NOLASCO, 2000; SANTOS, M. E., 2011).

Outros fatores como geometria da tora; dimensão dos produtos serrados; incidência de defeitos como rachaduras, densidade e umidade da madeira, largura e tensão da lâmina de corte também contribuem para uma maior ou menor geração de resíduos (ULIANA, 2005).

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o rendimento padrão no desdobro de espécies nativas na região norte do país é em média 50% (CAMPOS, 2012).

Exigências de qualidade da madeira para exportação também afeta o rendimento, que diminui ainda mais, geralmente não ultrapassando muito o limite mínimo de 30% (VIDAL et al., 1997; SANTANA, 2003).

Em média, os resíduos da serraria são compostos por cerca de 50% de aparas, 34% de costaneiras e 16% de serragem (DUTRA et al., 2005); BIASI e ROCHA, 2007).

Quanto à destinação final, estudos apontam que aproximadamente 45% dos resíduos produzidos pelas serrarias são queimados, 6% são abandonados e somente 24% são aproveitados para algum fim, principalmente energia (LENTINI et al., 2005). Ressalta-se que os resíduos são queimados à céu aberto, simplesmente para reduzir o volume final e não com o objetivo de produzir energia (CAMPOS, 2012).

Os estudos sobre geração e caracterização de resíduos madeireiros nas indústrias de PMVA ainda são escassos, o que dificulta a compreensão dos processos associados à geração dos resíduos e a elaboração de planos de gerenciamento adequados à realidade das empresas.

Gonçalves (2000) citado por Hillig et al. (2006) verificaram que o rendimento em diferentes tipos de indústrias de PMVA varia de 20 a 40%. Na produção de esquadrias em uma indústria do município de Tietê, SP verificou-se que cerca de 40% da madeira é descartada como resíduo (NOLASCO et al., 2013). Na produção de pisos de madeira maciça, o rendimento é de cerca de 60%, dependendo de fatores como qualidade da madeira adquirida, das espécies processadas, da linha e desenhos de produtos, do tipo de mercado, dos processos de transformação utilizados, do nível de capacitação da mão de obra e do nível de automação dos processos, entre outros (NOLASCO; ULIANA, 2014). Em estudo sobre o processamento de *Tabebuia cassinoides* (caixeta) para produção de tabuinhas para lápis o rendimento foi de 33,6% e para produção de artesanato foi de 65,4% (NOLASCO, 2000). Em um estudo sobre o rendimento para fabricação de cadeiras, o rendimento médio foi de 38,77% para o produto e 12,67% de material de aproveitamento, sendo que em comparação com a madeira certificada *Forest Stewardship Council* - FSC (oriunda de comunidades tradicionais da Amazônia), a matéria-prima não certificada apresentou maiores rendimentos devido a dimensões mais adequadas ao produto, qualidade superior e identificação correta da espécie (ULIANA, 2005).

A Figura 6 ilustra a geração de resíduos na cadeia produtiva de PMVA.

Figura 6 - Geração de resíduos da cadeia produtiva de PMVA

Poucas empresas de base florestal exercem práticas de conservação e de minimização de seus impactos ambientais negativos (HERBST, 2011; NAHUIZ, 2004).

Das indústrias de base florestal, destacam-se as de papel e celulose, sendo as mais avançadas em gerenciamento de resíduos, muitas apresentando certificações como FSC International Organization for Standardization - ISO 14001. No entanto, tais avanços são recentes e nos demais setores como os de PMVA (moveleiro e de pisos e esquadrias), por exemplo, as empresas geralmente não possuem política ambiental, em virtude da baixa capacidade de investimento (pequeno e médio portes), baixo nível tecnológico, clientes pouco exigentes em relação às questões ambientais, baixa capacitação da mão de obra, entre outros. Nessas indústrias, como prática ambiental, se opta geralmente por tratamento e disposição de resíduos, ou seja, tecnologias “fim-de-tubo” (AZEVEDO; NOLASCO, 2009).

Os processos de tomada de decisão nas empresas são muito importantes, devendo ser realizados através da avaliação dos processos de produção, com foco nos aspectos e impactos ambientais do ciclo de vida do produto. Para tanto, devem ser observados todos os aspectos e impactos dos resíduos, identificando as formas de valorização, armazenamento, aspectos de

segurança no manuseio, condições de transporte e disposição final, bem como as exigências legais (NOLASCO, 2000).

As indústrias de produtos acabados de madeira pouco têm desenvolvido em termos de ações para minimizar ou valorizar seus resíduos, sendo que até mesmo dados sobre geração e manejo são escassos. Até o ano de 2005 ainda não havia dados disponíveis sobre fatores geradores, tipos, volumes e manejo dos resíduos em indústrias de processamento secundário de madeira no Brasil (ULIANA, 2005).

De acordo com o Anexo 5 do Regulamento da Lei nº 997/76, que institui o Sistema de Controle e Poluição do Meio Ambiente no Estado de São Paulo, o mesmo estabelece que as empresas são obrigadas a se cadastrarem no órgão de controle de poluição, bem como obter licença de funcionamento para atividades de fabricação de produtos de madeira, cortiça e material trançado. São consideradas fontes de poluição as indústrias que realizam desdobro de madeira; fabricação de madeira laminada e de chapas de madeira compensada, prensada ou aglomerada; produção de casas de madeira pré-fabricadas; fabricação de esquadrias de madeira, venezianas e de peças de madeira para instalações industriais e comerciais; fabricação de outros artigos de carpintaria e marcenaria; fabricação de artefatos de tanoaria e embalagens de madeira; fabricação de artefatos diversos de madeira, palha, cortiça e material trançado.

A Lei estabelece que o órgão ambiental competente poderá exigir, ainda, que os responsáveis pelas atividades efetiva ou potencialmente poluidoras:

I - apresentem, quando solicitado, o plano completo de desenvolvimento de suas atividades ou de seu processamento industrial, bem como dos sistemas de tratamento existentes, do lançamento de resíduos em qualquer estado da matéria ou, ainda, de emissão de ruídos, vibrações, radiações ou outras formas de energia ou substâncias odoríferas;

II - apresentem plano de auto-monitoramento de suas fontes cabendo àquele órgão aprovar a frequência na entrega dos relatórios;

III - instalem e operem equipamentos automáticos de medição, para monitoramento das quantidades e qualidades dos poluentes emitidos;

IV - comprovem a quantidade e qualidade dos poluentes emitidos, através de realização de amostragem e análise, utilizando-se de métodos aprovados pelo referido órgão (Incluído pela Lei nº 9.477, de 30.12.96).

Algumas dessas atividades, entretanto, estão dispensadas do licenciamento. Neste caso, o interessado pode solicitar o Certificado de Dispensa de Licença – CDL, comparecendo

à agência ambiental da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB de sua região.

Conforme a CETESB (2015), há três tipos de licença que as indústrias precisam providenciar para estarem de acordo com a Lei. A primeira delas é a Licença Prévia (LP), é o aceite do planejamento preliminar de um empreendimento/atividade sujeito a avaliação de impacto ambiental pela CETESB e deverá conter os requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação. As demais atividades que dependam exclusivamente do licenciamento da CETESB, terão a licença prévia emitida concomitante com a Licença de Instalação. A Licença de Instalação (LI) autoriza apenas a instalação de uma determinada fonte de poluição em um local específico, quando esta atende às disposições legais. Por meio da LI, a CETESB analisa a adequação ambiental do empreendimento ao local escolhido pelo empreendedor. Caso haja alguma exigência técnica a ser cumprida para ser dada sequência no processo de licenciamento, ela estará especificada na LI. Finalmente, obtidas a LP e LI, é possível a solicitação da Licença de Operação (LO), para que a empresa possa dar início às suas atividades. O PGRS deverá ser apresentado como parte do processo de licenciamento ou de renovação da licença de operação da empresa.

Os valores pagos pelas empresas para obterem licenciamento, variam de acordo com o porte, usufruindo de uma redução significativa no caso de micro e pequenas. É cobrada também uma Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental – TCFA ao IBAMA, para controle e fiscalização das atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos naturais (Lei no 10.165/2000), que recai também a todas as empresas que realizam atividades de serraria e desdobramento de madeira, preservação de madeira, fabricação de chapas, placas de madeira aglomerada, prensada e compensada, e fabricação de estruturas de madeira e de móveis.

De acordo com o Artigo 13 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, quando os resíduos se enquadram na alínea “f”, resíduos industriais, sendo gerados nos processos produtivos e nas instalações da empresa, de acordo com o Artigo 20, inciso “f” da referida Lei, está sujeita à elaboração de PGRS, completo ou simplificado.

Os responsáveis pelo plano de gerenciamento de resíduos sólidos deverão disponibilizar ao órgão municipal competente, ao órgão licenciador do SISNAMA e às demais autoridades competentes, com periodicidade anual, informações completas e atualizadas sobre a implementação e a operacionalização do plano sob sua responsabilidade, consoante às regras estabelecidas pelo órgão coordenador do Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR, por meio eletrônico. Em caso de não cumprimento desta determinação, os responsáveis pelo plano de gerenciamento de

resíduos sólidos deverão pagar multas e poderão até mesmo ser condenados à penas de reclusão de até 3 anos. No processo de aprovação do PGRS, será assegurada a utilização dos subprodutos e resíduos de valor econômico não descartados, de origem animal ou vegetal, referidos na Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, e na Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000, como insumos de cadeias produtivas.

Como as empresas de pequeno porte possuem baixa capacidade de investimento de capital, a PNRS ainda fala sobre a possibilidade de medidas indutoras e linhas de financiamento para possibilitar avanços no gerenciamento de resíduos visando à prevenção e redução da geração no processo produtivo; desenvolvimento de pesquisas voltadas para tecnologias limpas aplicáveis aos resíduos sólidos e desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao aproveitamento dos resíduos.

Há dúvidas sobre a viabilidade das empresas atenderem a PNRS, pois além de tratar e dispor corretamente os resíduos terão que diminuir seus impactos ambientais com a adoção de tecnologias limpas, sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados à melhoria de processos produtivos, bem como a adoção de selos ambientais, tudo isso representando uma nova cultura na empresa, como uma nova forma de investir recursos para melhoria da eficiência e capacitação de funcionários em um curto período de tempo para atendimento dos prazos da PNRS (KAPPEL; VALADÃO, 2012; MAGRI; DAMIATI, 2012).

As indústrias, que têm por atividade a transformação, geram resíduos e com eles, o aumento do risco de passivos ambientais devido eventual tratamento/disposição inadequados. Algumas formas inadequadas de manejo comumente utilizadas pelo setor madeireiro são venda a terceiros sem o conhecimento de sua destinação final, resultando em risco de multas para a empresa, já que o gerador de resíduos continua sendo responsável pelos mesmos (princípio da responsabilidade solidária); disposição dos resíduos no solo, em locais inapropriados, poluindo o meio, causando impactos ambientais negativos, sendo pior a poluição causada por resíduos de madeira contaminados por produtos químicos, o que é vedado pela PNRS; queima à céu aberto, resultando em poluição do ar; despejo em cursos d'água; entre outras (FARAGE et al., 2013).

A eficiência no uso da madeira, ou seja, produção da mesma quantidade de produto com menor quantidade de madeira, só pode ser alcançada através de práticas mais sustentáveis em todas as operações de origem dos resíduos, ou seja, em cada elo da cadeia produtiva de madeira: manejo florestal, processamento primário e processamento secundário (HILLIG et al., 2009; VALE; SABLOSKI, 2006).

Entretanto, mesmo com a melhoria tecnológica dos processos, a geração de resíduos é inerente ao processamento mecânico da madeira e para estes resíduos inevitáveis até o momento, deve se buscar soluções para sua máxima valorização dentro da realidade de cada empresa e da região na qual está inserida.

Schneider et al. (2003) apontam que para dar fim ao grande volume de resíduos de madeira gerados, as empresas normalmente realizam a queima em fornos ou caldeiras para geração de vapor ou energia.

Pires et al. (2008) destacam que a fabricação e venda de briquetes, pequenos pedaços de resíduos finos de madeira prensados, utilizados na geração de energia (que possuem grandes vantagens por ser uma fonte de energia limpa e renovável, ter maior poder calorífico, maior homogeneidade se comparada com lenha, mais fácil armazenamento, etc.), oferecem um retorno significativo, sendo interessante se fazer uma análise da viabilidade econômica deste tipo de aproveitamento, caso a caso.

Outra alternativa, é o aproveitamento dos resíduos de maiores dimensões na produção de pequenos objetos de madeira (POM), que devido a forma geralmente artesanal de produção, possibilidade de incorporação de elementos étnicos e de identidade cultural dos fabricantes e apelo ambiental, pode se obter considerável retorno econômico (ABREU et al.; 2009; ZOLDAN; LIMA, 2012).

Nolasco et al. (2013) realizaram um estudo para caracterização e avaliação do potencial de uso de diferentes tipos de resíduos madeireiros gerados pelas indústrias de pisos de madeira no Brasil. O trabalho apresenta uma série de possibilidades incluindo o uso como fonte de energia, em novos produtos madeireiros, corantes, fármacos, na agricultura e na construção civil, entre outros (Quadro 1).

Tipo de Resíduo	Dimensão (cm)	Formas de valorização	Exemplo
Apara	43 x 117 x 22	Pisos de menores dimensões como o legneto; base para pisos engenheirados; pastilhas para revestimentos de paredes; material para marchetaria; painéis em mosaico; Pequenos Objetos de Madeira (Pom's), tais como: componentes para móveis e decoração; objetos de uso doméstico; artigos para escritório; cabos de ferramentas e similares; artigos para animais de estimação; objetos de uso na agricultura; produção de energia (lenha).
Cavaco	Acima de 2,350	Material para marchetaria; compósitos cimento-madeira e madeira-plástico; composição de tijolos; compostagem; cama para animais; cobertura do solo (mulching); produção de energia; briquetagem; corantes.
Maravalha	Entre 2,360 e 1,180	Compósitos cimento-madeira e madeira-plástico; composição de tijolos; compostagem; cama para animais; cobertura do solo; produção de energia; briquetagem; corantes.
Serragem 1	Entre 1,180 e 0,600	Compósitos cimento-madeira e madeira-plástico; composição de tijolos; compostagem; cama para animais; cobertura do solo; produção de energia; briquetagem; corantes.

Quadro 1 - Características físicas e formas potenciais de valorização dos resíduos madeireiros das indústrias de pisos de madeira (NOLASCO et al.; 2013) (continua)

Tipo de Resíduo	Dimensão (cm)	Formas de valorização	Exemplo
Serragem 2	Entre 0,600 e 0,300	Compósitos cimento-madeira e madeira-plástico; composição de tijolos; compostagem; cama para animais; cobertura do solo; produção de energia; briquetagem; corantes.
Serragem 3	Entre 0,300 e 0,150	Compósitos cimento-madeira e madeira-plástico; composição de tijolos; compostagem; cama para animais; cobertura do solo; produção de energia; briquetagem; corantes.
Pó 1	Entre 0,150 e 0,074	Compósitos cimento-madeira e madeira-plástico; composição de tijolos; compostagem; cama para animais; cobertura do solo; produção de energia; briquetagem; corantes.
Pó 2	Entre 0,074 e 0,044	Compósitos cimento-madeira e madeira-plástico; composição de tijolos; compostagem; cama para animais; cobertura do solo; produção de energia; briquetagem; corantes.

Quadro 1 - Características físicas e formas potenciais de valorização dos resíduos madeireiros das indústrias de pisos de madeira (NOLASCO et al.; 2013) (conclusão)

Estudo semelhante foi desenvolvido por Quirino, 2004 citado por Zoldan e Lima, 2012, indicando o aproveitamento dos resíduos madeireiros em diferentes produtos (Figura 7).

Figura 7 - Possibilidades de aproveitamento dos resíduos

Fonte: Quirino (2004) citado por (ZOLDAN; LIMA, 2012)

Um exemplo de um rentável e sustentável aproveitamento dos resíduos foi observado no município de Lages-SC, na empresa Tractebel Energia, sendo a primeira unidade de cogeração (produção de energia elétrica e vapor) do Brasil; também pioneira na utilização de biomassa para este fim, gerando créditos de carbono para venda. Essa é uma solução interessante porque permite também a utilização de resíduos de madeira anteriormente dispostos em aterros e os que estavam há anos abandonados no ambiente, colaborando com a redução dos riscos de combustão espontânea desse material e de contaminação das águas, do solo e do ar (CORONEL et al., 2007).

Outro exemplo de valorização de resíduos, com resíduos grossos de madeira, foi o de uma empresa de pisos do interior de São Paulo, que criou novos produtos como pastilhas decorativas para revestimento e pisos engenheirados, o que contribuiu para a redução de impactos negativos da produção, para o melhor aproveitamento da matéria prima, redução da intensidade de exploração das florestas nativas, aumento do rendimento, aumento da motivação dos funcionários que viram sua ideia ser utilizada pela empresa com sucesso em novos produtos, marketing verde e maior retorno econômico com a venda desses novos produtos (NOLASCO; RODRIGUES, 2015).

A única forma de combater os desperdícios nas indústrias é através da identificação em cada fase do processo produtivo, dos fatores geradores de resíduos, volume e tipos, sazonalidade de geração e possibilidades de melhor aproveitamento e destinação (NOLASCO; ULIANA, 2014). Assim, deve-se analisar o balanço de materiais, bem como o rendimento em cada operação (BRAND et al., 2002).

A geração de resíduos de madeira está relacionada à qualidade da matéria-prima (defeitos); ao tipo de processo; aos equipamentos; ferramentas, tecnologias utilizadas; mão-de-obra; design e/ou características do produto. Para produtos de madeira maciça, o padrão de consumo deste mercado é insustentável do ponto de vista ambiental, devido ao elevado nível de exigência do mercado em relação a defeitos nas tábuas, sendo este um ponto determinante para um baixo índice de aproveitamento deste nobre material (MATSUNAGA, 2005).

Em relação à matéria-prima não há critérios de controle de qualidade da madeira no recebimento pelo fornecedor e na secagem na estufa não há programas de secagem de acordo com cada espécie, havendo maior geração de material de aproveitamento e resíduo grosso. Já os equipamentos são importantes fatores geradores de resíduos, pois geralmente não possuem manutenção preventiva para adequação das condições de afiação, tensionamento e vibrações nas serras para realizar com eficiência os cortes nas peças de madeira (ULIANA, 2005).

Grande quantidade de resíduos de madeira se originam devido à necessidade de eliminação dos defeitos encontrados na matéria-prima (SOARES et al., 2012). Diante de todos os fatores geradores de resíduos, a média de aproveitamento de madeira maciça no polo moveleiro da Serra Gaúcha, por exemplo, é de 70% (KOCH, 2012).

As soluções para valorização de resíduos são soluções muito adequadas tanto do ponto de vista ambiental como social e econômico. Porém, o aproveitamento dos resíduos só é de fato realizado, quando o local de geração dos resíduos é próximo às indústrias que utilizam os resíduos como matéria-prima e dos mercados consumidores, o que normalmente não ocorre e por isso, muitas vezes os resíduos são abandonados ou simplesmente queimados (FREITAS, 2000; GOUVÊA, 2012).

Em regiões do sudeste brasileiro, próximo aos polos industriais e dos grandes mercados consumidores, há uma melhor destinação e maior aproveitamento dos resíduos, já que é maior a viabilidade de comercialização destes materiais para terceiros (CASSILHA et al., 2011; MAFESSONI, 2012). Por essa razão, os sistemas de gerenciamento de resíduos buscam a diminuição da distância entre o local gerador e o local de aproveitamento (GIACOMET, 2008).

Nas pequenas indústrias geralmente há o abandono dos resíduos, queima ou venda a preços baixíssimos para terceiros, para padarias (pontas), olarias, granjas (serragem), adubo orgânico (compostagem), pontas e aparas para a fabricação de POM (CASSILHA et al., 2011).

O aproveitamento na própria indústria geradora dos resíduos é, na maioria das vezes, mais vantajoso economicamente, pois geram maiores lucros do que sua venda como matéria-prima para outras empresas. Entretanto, dos pontos de vista ambiental e econômico, a não geração de resíduos com o aumento da eficiência nas indústrias é sempre a melhor alternativa (LIMA; SILVA, 2005; SCHIRMER et al., 2010).

Venzke (2002), em estudo de caso para verificar como era realizado o gerenciamento de resíduos em 27 empresas do setor moveleiro de Bento Gonçalves, que representava quase a metade da produção de móveis do Rio Grande do Sul, verificou que 19% das empresas utilizavam madeira de outras espécies, 41 % realizavam reciclagens externas, 37% descartavam seus resíduos em aterros, 7% realizavam reciclagem internas e a mesma percentagem destinava seus resíduos a aterros de terceiros. A grande maioria (63 %) utilizava seus resíduos para geração de energia em caldeiras de queima de biomassa para consumo próprio. Um dado interessante, é que se observou que a maior parte das empresas ainda não estava realizando projetos para redução de resíduos na localidade.

Schneider et al. (2003) avaliaram a destinação de resíduos de 40% das empresas moveleiras em Bento Gonçalves-RS e verificaram que o principal destino final era a venda à terceiros para outras finalidades, inclusive como biomassa; 16,5 % das empresas queimavam estes resíduos à céu aberto apenas para reduzir o volume e 25,3 % realizavam alguma forma de aproveitamento e reciclagem.

Lima e Silva (2005) quantificaram os resíduos gerados e a sua destinação final em 91 empresas do pólo moveleiro de Arapongas, PR. Os resíduos de madeira representavam a maior geração dentre todos os tipos e eram destinados à geração de energia, queimados à céu aberto ou vendidos para terceiros.

As indústrias de móveis têm se destacado na área de gerenciamento de resíduos em comparação com outras empresas de PMVA. Atualmente, a maioria utiliza painéis de madeira como matéria prima, sendo que algumas já adotaram práticas de gestão ambiental com ações de Produção Mais Limpa, como é o exemplo da empresa Mod Line LTDA, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte – MG, onde havia excessiva geração de resíduos devido a dimensões inadequadas das tábuas de pinus e excessiva espessura das serras. Com as mudanças realizadas nos requisitos de compra da matéria prima e troca das ferramentas de corte, a empresa diminuiu expressivamente seus resíduos e aumentou seu lucro (MASSOTE, 2010).

As exigências legais são instrumentos importantes para a implementação de programas de gerenciamento de resíduos. Um exemplo disso ocorre no Pólo Moveleiro de Votuporanga-SP, onde 73% das empresas afirmaram realizar programa de gerenciamento de resíduos sólidos e 91% estavam com licenciamento ambiental da CETESB em dia (PRADO; LORENZO, 2011).

Mesmo assim, ainda há muito que se melhorar no gerenciamento de resíduos nas indústrias de PMVA. Nos polo moveleiro de Bento Gonçalves, por exemplo, se verificou que somente um pequeno número de empresas possuía licenciamento ambiental e sistemas de gestão ambiental. No polo de Santa Maria a situação era ainda pior, pois em nenhuma das empresas pesquisadas havia práticas de gerenciamento de resíduos. Além disso, de modo geral, se observou uma grande falta de controle e conhecimento da geração de resíduos e dos custos que seu manejo implica, não havendo inclusive divulgação de informações sobre este problema para que se aumente a consciência nas empresas, que ainda possuem a ideia errônea de que o resíduo de madeira não é perigoso e por isso não precisam de nenhum cuidado no seu gerenciamento (MAFESSONI, 2012).

Poucas madeireiras vêm realizando mudanças em gestão, e estas são principalmente em relação ao aproveitamento e não em diminuição de geração de resíduos. Um exemplo de empresa madeireira que aprimorou o gerenciamento de seus resíduos, focando em melhor aproveitamento é a Eldorado Exportações SA, localizada no Estado do Pará, onde se observou uma adequada destinação de resíduos e expressiva agregação de valor aos resíduos grossos aproveitados para a produção do painel Finger Joint, exportado para diversos países (MELO et al., 2010).

Deste modo, uma mudança de paradigma no setor se faz necessária para sua própria sobrevivência, seguindo caminhos como reengenharia dos processos com a redução do consumo de recursos e da poluição; valorização dos resíduos; reformulação dos produtos para torná-los mais eficientes, menos descartáveis e para melhorar a modulação entre a matéria prima e o produto final; buscar mudanças de dinâmica e requisitos de mercado (criação de tendências) através da inovação, para satisfazer as necessidades dos clientes, reduzindo o consumo intensivo de material e energia e remodelando a demanda e a oferta (FARIAS et al., 2008; GUIMARÃES et al., 2011).

Entretanto, é evidente o atraso tecnológico no setor madeireiro no Brasil, pois predomina a ideia errônea de que o investimento em ações ambientais para não geração de resíduos é irrelevante (BARBIERI, 2007, citado por CIRIBELI; FERNANDES, 2012). Desta forma, é premente que as empresas tenham consciência de que a falta de controle de seus processos acarreta em custos extras que a empresa terá que arcar em algum momento. No setor florestal madeireiro, verificam-se grandes custos ambientais resultantes da falta de controle e de falhas internas relacionadas a desperdícios gerados e à ausência de controle da produção (MACEDO et al., 2013).

Algumas indústrias de PMVA, como as moveleiras, estão cada vez mais criando linhas ecológicas de produtos, sendo que essas foram pioneiras no setor na utilização de selos ambientais como do FSC (PIGOZZO, 2012). O mesmo vem acontecendo nas maiores indústrias de pisos de madeira. Entretanto, as pequenas empresas continuam a adotar o modelo tradicional de gerenciamento de resíduos, o que resulta em impactos ambientais, sociais e econômicos negativos, comprometendo sua sobrevivência no mercado.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local de estudo

Esse estudo foi desenvolvido em uma micro empresa que comercializa madeira serrada para a construção civil e fabrica PMVA, especialmente componentes para a construção como portas, janelas, pisos, decks e guarnições. A empresa está localizada na cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo, situada entre as coordenadas geográficas 22°42'30"S e 47°38'01" W (RANZANI, 1976 citado por INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA - IPPLAP, 2015).

Os critérios de escolha da empresa foram:

- a) O porte da empresa. Para tanto, foi utilizada a classificação do Serviço Brasileiro de Apoio as Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2013), quanto ao número de funcionários e receita anual bruta. Por esse critério, é considerada pequena empresa aquela que possui até 19 funcionários. No caso, a empresa estudada possuía 15 funcionários, sendo seu faturamento bruto anual de R\$ 240.000,00 (duzentos e quarenta mil reais) a R\$ 2.400.000,00 (dois milhões e quatrocentos mil reais) (BRASIL, 2006);
- b) Empresa familiar: empresa ligada a uma família por pelo menos duas gerações e cujas ligações familiares exerçam influência sobre as diretrizes empresariais, sobre o modelo administrativos e objetivos da empresa (DONNELEY, 1964). As pequenas empresas madeireiras fabricantes de PMVA sob encomenda no Brasil são em sua grande maioria empresas familiares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI, 2009; BRASIL, 2007; GORINI, 1998);
- c) Produção de PMVA sob encomenda: essa é outra característica predominante nesse segmento. A produção sob encomenda, nesse caso, pode ocorrer de duas formas diferentes: fabricação de produtos exclusivos, projetados pelo próprio consumidor ou por arquiteto ou engenheiro contratado para a obra; ou, através de pedido antecipado de um determinado produto do portfólio da empresa, cuja produção só é acionada após a realização da venda. No caso da empresa estudada, ela produzia das duas formas;

- d) Linha diversificada de PMVA para a construção civil, fabricados em madeira maciça e sob encomenda, tais como, portas, janelas, vitrôs, batentes, guarnições, pisos e decks.

O segmento de produtos de madeira sólida, parte dos PMVA, é estudado nesse trabalho, é caracterizado por ser grande gerador de empregos, devido ao baixo nível de automação que exige uso intensivo de mão de obra; por seu elevado nível de informalidade; baixa utilização de normatização técnica, predominando a fabricação de cópias modificadas dos modelos de produto oferecidos no mercado internacional; baixos investimentos em design e pesquisa de mercado; e baixa utilização de outros materiais além da madeira para fabricação de produtos (SILVA et al., 2001).

Como na maior parte das indústrias de PMVA para a construção civil, a matéria-prima da empresa estudada era madeira de origem amazônica, nesse caso, proveniente dos Estados do Mato Grosso e Rondônia, com Documento de Origem Florestal (DOF), mas sem nenhum selo de certificação florestal. As espécies mais consumidas pela indústria, de acordo com os grupamentos comerciais, eram: cedroarana, cedro rosa, garapeira, angelim pedra e cumaru.

2.2.2 Estudo de caso

O estudo de caso foi adotado para possibilitar o entendimento das variáveis de produção e do modelo administrativo da empresa na geração de resíduos e na definição das formas de gerenciamento. Para tanto, como apresentado no item anterior, buscou-se selecionar uma empresa com características representativas do setor.

O estudo de caso é um método que proporciona a geração de informações sobre uma determinada situação e feito isso, possibilita comparações e generalizações sobre outros casos. É uma ferramenta que pode ser utilizada quando o pesquisador não possui nenhum controle sobre os fenômenos. Este tipo de estudo deve ser fortemente baseado em boa revisão de literatura, de acordo com os objetivos da pesquisa (YIN, 2001).

No estudo, pode se optar por abordagens quantitativas ou qualitativas, pesquisas descritivas, onde se procura descobrir e classificar a relação entre variáveis e as relações de causalidade entre eventos (OLIVEIRA, 1997).

Neste método, os dados são coletados a partir de múltiplas fontes, todas baseadas em relatos, documentos ou observações e evidências.

Na primeira fase do estudo, devem-se estabelecer os procedimentos, os instrumentos e as regras gerais a serem adotados para uma visão geral do projeto, tais como, o tema, as questões de estudo, as leituras norteadoras, os procedimentos a serem adotados para coleta dos dados e o plano de análise dos dados, com discriminação da natureza das informações colhidas (informações descritivas, informações explanatórias, etc.).

Na segunda fase, são colhidas evidências de múltiplas fontes, através de análise de documentos da empresa e de órgãos relacionados, por exemplo, de entrevistas às pessoas relacionadas ao estudo de caso, de observações (direta ou participativa, quando o observador faz parte da realidade sob estudo) ou mesmo registros fotográficos, filmagens e outros (YIN, 2001).

Analisando-se as características da empresa estudada, essa foi selecionada como uma amostra relevante para a elaboração de um quadro referencial para caracterização dos resíduos, dos processos de geração e do sistema tradicional de gerenciamento, que serviram de base para a elaboração de um modelo de PGRS aplicável às demais empresas desse setor.

Para responder as questões da pesquisa, o método foi utilizado para compreensão e análise do fenômeno da geração e gerenciamento de resíduos. Haja vista que a utilização do método viabiliza o conhecimento da realidade em questão e o desenvolvimento de procedimentos ou comportamentos (OLIVEIRA, 1997).

O presente estudo de caso possui natureza explicativa, descritiva, com enfoque em um evento contemporâneo, onde não há controle sobre os eventos, sendo as principais questões da pesquisa: como e por quê? Apresenta o processo produtivo, como se dá a geração de resíduos e as formas de destinação e valorização dos resíduos. Desta forma, segundo as recomendações de Yin (2001), foi necessário selecionar um método descritivo para auxiliar na análise dos problemas encontrados no estudo de caso. Para tanto, foi escolhida a ferramenta “Diagrama de Árvore”.

2.2.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através de observação direta, entrevistas semi-estruturadas com a administração e funcionários do setor de armazenagem, análise de relatórios internos de produção e venda e coleta de dados quantitativos diretamente na produção. A coleta foi estruturada para cada objetivo específico do trabalho, apresentados na introdução dessa dissertação e os métodos são descritos a seguir.

Inicialmente, foram identificados os principais tipos de produtos fabricados pela indústria que eram portas, batentes, pisos (assoalhos e decks) e guarnições. A partir disso, foram selecionados os produtos a serem analisados (Figura 8) e estruturada a coleta de dados “in loco” e a coleta de dados quantitativos.

Figura 8 - Produtos analisados no estudo de caso (A - deck; B – assoalho; C- guarnição; D – batente; E – porta)

Os produtos selecionados para análise foram portas, batentes, decks, assoalhos e guarnições. Os jogos de guarnições eram compostos por duas cabaceiras e duas peças laterais, os batentes compostos por uma cabeceira e duas peças laterais e as portas compostas por dois montantes e número de travessas era de acordo com o modelo da porta. As dimensões dos componentes dos produtos de acordo com as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Dimensões dos produtos (portas e guarnições)

Produto	Portas		Guarnições	
	travessas	montantes	cabeceiras	laterais
Espessura (mm)	35, 38,5	38,5	13	13
Largura (mm)	161,120,240,251	113,125,175,245	70	70
Comprimento (mm)	600,800,900,950	2100, 2400	22000	1000

Tabela 3. Dimensões dos produtos (batentes e pisos)

Produto	Batentes		Deck	Assoalho
	cabeceiras	laterais		
Espessura (mm)	41	41	20-25	20
Largura (mm)	140, 160,170,180	160,170,180	110	135 - 150
Comprimento (mm)	665, 765, 830,860,940,960	2120 e 2000	variado	variado

Para as análises qualitativas e quantitativas, foram avaliados 3 a 4 lotes de madeira utilizados na fabricação de cada tipo de produto. Esses lotes variaram em relação ao volume de madeira processada e espécies utilizadas. Isso ocorreu em função da necessidade de adequar a coleta de dados às condições de funcionamento da empresa, que não permitia paradas ou alterações na produção. Assim, ao fechar a venda de um lote de determinado produto, esse lote era avaliado quanto à espécie e qualidade da madeira e, posteriormente, acompanhava-se seu processamento para quantificação dos resíduos, produtos e material de aproveitamento e análise dos processos de transformação para identificação das causas de geração de resíduos e pontos críticos de geração.

Foram coletados dados de rendimento em 3 lotes para batentes, portas e guarnições e 4 lotes para decks e assoalhos. Em cada lote foi medido o rendimento, o volume de resíduos por operação e o volume de resíduo e material de aproveitamento totais. No seu processamento foram feitas, ainda, todas as observações necessárias para identificação dos tipos de resíduos, fatores geradores e pontos críticos de geração.

As características dos lotes quantificados, para cada produto caracterizado, encontram-se na Tabela 4, sendo que os nomes científicos das espécies são provenientes das notas fiscais de compra da madeira, de acordo com os grupamentos comerciais.

Tabela 4 - Lotes de madeira bruta utilizados na fabricação dos produtos

Produto	Lote	Espécie (nome científico)	Espécie Nome popular	Vol. madeira bruta (m³)
Portas	1	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	cedroarana	4,2937
	2	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	cedroarana	1,7310
	3	<i>Cedrela spp.</i>	cedro rosa	0,9444
Batentes	1	<i>Hymenolobium spp.</i>	angelim pedra	0,2568
	2	<i>Hymenolobium spp.</i>	angelim pedra	0,2212
	3	<i>Apuleia leiocarpa</i>	garapeira	0,3250
Guarnições	1	<i>Hymenolobium spp.</i>	angelim pedra	1,1880
	2	<i>Hymenolobium spp.</i>	angelim pedra	1,3200
	3	<i>Hymenolobium spp.</i>	angelim pedra	0,9856
Assoalhos	1	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	2,2400
	2	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	1,2601
	3	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	0,2765
	4	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	1,2041
Decks	1	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	0,8778
	2	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	0,5100
	3	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	1,4949
	4	<i>Dipteryx odorata</i>	cumaru	1,2000

2.2.4 Identificação, caracterização e classificação dos resíduos madeireiros e suas causas de geração

A coleta de dados para esse objetivo específico foi realizada no período de setembro de 2014 a agosto de 2015 e se iniciou com a caracterização do sistema de produção da indústria, realizado com base nos manuais do Programa Produção Mais Limpa (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION - UNIDO, 1995), seguindo a seqüência de atividades indicada para elaboração de um programa P+L.

Inicialmente, foi realizada uma pré-avaliação das instalações da empresa através de observações “in loco” e coleta de dados sobre a empresa como tipos de serviços prestados, tipos de produtos, formas de destinação e aproveitamento dos resíduos, formas de armazenamento da matéria-prima, secagem da madeira, condições de segurança do trabalho na marcenaria, entre outros.

A identificação dos tipos de resíduos foi realizada, inicialmente, através de avaliação da área externa da empresa, devido à tendência de se colocar para fora da fábrica todos os resíduos gerados nos processos de transformação. Nessa avaliação foram analisados, também, os impactos positivos e negativos do modelo atual de gerenciamento (NOLASCO et al., 2013).

Posteriormente, realizaram-se entrevistas com o gerente de produção e os gestores da empresa, fazendo-se perguntas abertas e fechadas, buscando informações sobre a forma de gerenciamento do empreendimento que poderiam estar relacionadas aos resíduos de madeira, utilizando-se um roteiro (ANEXO A).

Após esta etapa, foram realizadas entrevistas com os funcionários do setor de marcenaria (marceneiros e ajudantes) fazendo-se perguntas abertas e fechadas, por meio de um roteiro semiestruturado (ANEXO B).

A seguir, foi realizada uma avaliação interna, através da qual foi possível identificar os tipos de resíduos gerados e os fatores geradores em cada operação ou célula produtiva. Para a realização desta avaliação foi necessário elaborar um leiaute da fábrica e uma análise detalhada dos fluxos de produção e dos processos de transformação, realizando a caracterização dos equipamentos utilizados (potência, modelo, marca, função), local de recebimento, estocagem matéria-prima, saída e estocagem de resíduos e produtos, entre outros (NOLASCO et al., 2013).

Na avaliação interna foram realizados registros fotográficos das instalações, equipamentos, tipos de resíduos, armazenamento de resíduos e matéria-prima; elaborados

fluxogramas dos processos de produção, através de descrição dos processos pelo gerente da produção e de observações “in loco”. Foi elaborado um fluxograma para cada tipo de produto (portas, batentes, assoalho, decks e guarnições), a fim de se caracterizar, em cada operação, os tipos de resíduos gerados, servindo, inicialmente, como base para identificação dos processos geradores de resíduos e, posteriormente, para identificar também as operações onde ocorreram os pontos críticos de geração e para o desenvolvimento das estratégias para redução do volume de resíduos.

Os resíduos grossos foram identificados com o auxílio dos funcionários da empresa, considerando a lógica de descarte ou aproveitamento. Os resíduos finos eram facilmente identificados, devido às características granulométricas de material particulado.

De acordo com a PNRS, os resíduos foram classificados quanto a sua origem, verificando-se o tipo de atividade e material que os originaram e o volume de sua geração (BRASIL, 2010).

Não foi necessária a determinação da composição química para verificação da periculosidade, pois a procedência dos resíduos era conhecida e constando na listagem da norma NBR 10.004:2004.

Quanto às características físicas, os resíduos foram caracterizados como finos e grossos (CASSILHA et al., 2003 citado por MELO et al., 2010) de acordo com sua granulometria. Foram considerados resíduos finos aqueles formados por cavacos - resíduos com dimensões máximas de 50 x 20 mm; maravalha - resíduos com mais de 2,5mm; serragem - resíduos com dimensões entre 0,5 e 2,5mm; e pó - partículas menores do que 0,5mm.

Os resíduos grossos eram constituídos por peças de refugo e apresentaram tamanhos diversos, sendo descartados em função da presença de defeitos, das dimensões incompatíveis com os componentes dos produtos, etc.

O material de aproveitamento se constituiu de resíduos grossos cujos defeitos e dimensões não restringiam seu uso na fabricação de determinados componentes da linha de produtos da empresa.

As causas de geração foram identificadas durante a quantificação dos resíduos no processamento mecânico da madeira, bem como em cada operação através de observações “in loco”, com a avaliação dos equipamentos (estado de conservação, manutenção, tecnologia), análise da tomada de decisão dos marceneiros, avaliação da matéria-prima (presença de defeitos, dimensões em relação ao produto acabado, umidade) e análise do processo de produção como um todo.

Os defeitos foram observados de forma qualitativa, identificados os tipos mais frequentes e suas contribuições para o aumento da geração dos resíduos.

Para se confirmar as espécies utilizadas na fabricação dos produtos, foi realizado exame macroscópico com vista desarmada e com o auxílio de uma lupa “conta-fios” com 10 aumentos, após o polimento da superfície da madeira com uma faca bem afiada, foram examinados os três planos (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial) analisando-se a forma, tamanho e distribuição dos elementos celulares: vasos, raios parenquimáticos e parênquima axial. A confirmação da espécie foi realizada com base em literatura e chave de identificação de espécies comerciais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas –IPT (ZENID; CECCANTINI, 2007). Para a seqüência da descrição macroscópica e das características estudadas orientou-se pelo esquema de recomendação COPANT 30: 1 – 019 (COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT, 1974).

Foi realizada avaliação qualitativa da madeira de cada lote processado para os diferentes produtos, determinando o teor de umidade, os tipos e incidência de defeitos e dimensões da madeira bruta em relação ao produto pronto.

Para mensurar a umidade da matéria-prima, foram realizados os ensaios no Laboratório de Movelaria de Resíduos Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, onde se utilizou o método gravimétrico, de acordo com a ABNT ISO 4470/2011 (ABNT, 2011) e para efeito de cálculo utilizou-se a equação 01:

$$TU\% = (PI - PS / PS) \times 100 \quad (01)$$

Onde:

TU% = Teor de umidade (percentagem)

PI = Peso inicial (grama)

PS = Peso seco em estufa (grama)

Foi considerado que o teor de umidade de equilíbrio da madeira para o município de Piracicaba encontra-se entre 11% e 14,8% (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985). Para analisar a qualidade da madeira após o processo de secagem utilizou-se o “teste do garfo”. Para tanto, foram coletadas 10 amostras de cada lote de madeira processados e realizada a medição (MARTINS, 1988). Este teste consistiu na retirada de uma amostra de 2,5cm de largura, obtida através de corte realizado no comprimento da tábua, com distância de, no mínimo, 30 cm da extremidade da tábua (MENDES et al., 1998). Retirada essa amostra, utilizando-se

uma serra-de-fita, realizou-se um corte do meio da amostra, obtendo-se “dentes” como se fossem de um garfo, nos quais foi possível verificar a ocorrência ou não de endurecimento superficial da madeira (Figura 9) e seus defeitos associados, o que pode indicar falhas na secagem da madeira.

Figura 9 - Esquema para leitura do resultado do “teste do garfo”

2.2.5 Quantificação dos resíduos

A quantificação foi realizada de acordo com o sistema de produção, que por ser sob encomenda, não havia um planejamento feito com antecedência maior do que um ou dois dias, mudando freqüentemente, de acordo com os diversos imprevistos. Foram quantificados os volumes de resíduos em cada operação, estimando-se as entradas e saídas de madeira em cada etapa do processo para os principais tipos de produtos que produziam: portas, guarnições, assoalho, deck e batentes.

As medições foram realizadas diretamente nos fluxos de produção, obtendo-se os volumes de madeira em m^3 , para cada operação de transformação da madeira, para cada tipo de produto avaliado (portas, batentes, decks, assoalhos e guarnições), mensurando em cada operação, o que se tornou produto (componentes), material de aproveitamento, resíduo grosso (utilizado como lenha) e o resíduo fino (sugado pelo sistema de exaustão). A medição dos volumes de madeira foi feita diretamente nas peças. Os produtos, resíduos grossos e o material de aproveitamento gerados em cada operação, para cada tipo de produto, foram medidos com a utilização de uma trena, tomando o seu comprimento, largura e espessura (Figura 10). Obtendo-se assim, o volume de madeira (m^3) presente nesses três tipos de saídas. Para medição dos resíduos grossos e material de aproveitamento, foi feito o empilhamento/enfileiramento dos mesmos, e tomando-se a largura, comprimento e altura da

pilha. O material de aproveitamento de maiores dimensões de largura foi medido peça a peça (largura, espessura e comprimento).

Figura 10 - Medição dos resíduos. (A) resíduos grossos gerados na destopadeira; (B) à esquerda, resíduos grossos e a direita material de aproveitamento obtidos na operação em serra circular

A geração de resíduos finos foi obtida de forma indireta, através do cálculo de balanço de massa, com a seguinte equação (eq. 02):

$$VRF = VM - (VP + VRG + VMA) \quad (02)$$

Onde:

VRF = Volume de resíduos finos (metro cúbico)

VM = Volume de madeira que entrou no processo (metro cúbico)

VP = Volume de produto (metro cúbico)

VRG = Volume de resíduos grossos (metro cúbico)

VMA = Volume de material de aproveitamento (metro cúbico)

Desta forma, a quantidade de resíduo gerada foi utilizada como indicador de desempenho da produção, refletindo as falhas em aspectos ambientais e administrativos.

Através dos dados das entradas de madeira e das saídas de produto e de resíduos no processo foi obtido o rendimento. O rendimento foi obtido para cada operação do processamento mecânico, através da diferença do volume de madeira que entrou e o volume de produto que saiu do equipamento (eq. 03):

$$R = (VP*100)/VM \quad (03)$$

Onde:

R = Rendimento (%)

VP = Volume de produto que sai do processo (metro cúbico)

VM = Volume de madeira que entra no processo (metro cúbico)

Considerando a quantidade total de madeira que entrou no processo, obteve-se a média dos lotes de rendimento de produto e da quantidade de resíduos grossos, finos e material de aproveitamento. Calculou-se também a média de rendimento e da geração de resíduos por operação dos lotes medidos.

2.2.6 Identificação dos pontos críticos de geração de resíduos e caracterização e avaliação do modelo de gerenciamento de resíduos da empresa

Os pontos críticos de geração de resíduos em uma unidade de produção, são aqueles onde ocorre geração de grande volume de resíduos; ou de resíduos perigosos ou tóxicos (Classe I); ou, ainda, resíduos Classe II-A (não inerte) ou II-B (inerte), porém de difícil solução devido suas características físicas ou da tecnologia disponível. Sendo que a ocorrência dos mesmos, normalmente, está ligada às variáveis como qualidade da matéria-prima, afiação de equipamentos, nível de capacitação da mão-de-obra, com o plano de corte adotado, desenho dos produtos, entre outros (NOLASCO; ULIANA, 2014).

A identificação dos pontos críticos de geração de resíduos foi realizada através das observações “in loco”, entrevistas com os funcionários e gestores da empresa e da quantificação dos resíduos. Neste último, identificando os reais volumes de cada tipo de resíduo para cada tipo de produto e em cada operação de transformação da madeira.

Já a caracterização e avaliação do modelo de gerenciamento atualmente implementado pela empresa utilizou o método “Diagrama de Árvore”. Trata-se de uma ferramenta de planejamento estratégico, auxiliando nas tomadas de decisão da empresa por meio do levantamento de problemas, suas causas, consequências e as ações ou mudanças necessárias nos processos de produção (ORIBE, 2004; SOUZA, 2010).

Dessa forma, foi possível explicitar a relação de causa e efeito entre os fenômenos observados, gerando informações fundamentais para a elaboração do PGRS.

Para utilização desta ferramenta, foram utilizados métodos de observações “in loco”, dados das entrevistas, fluxogramas da fabricação dos produtos e quantificação dos resíduos.

Definidos os problemas, as causas e os efeitos, recomendaram-se ações para atender aspectos técnicos e da legislação vigente para adequação do modelo de gerenciamento de resíduos da empresa.

2.2.7 Elaboração do modelo de plano de gerenciamento de resíduos

A redução da geração e a valorização dos resíduos foi o foco do modelo elaborado, bem como o reuso e recuperação dos resíduos nos processos. Modelo este, desenvolvido com base no estudo de caso apresentado onde se identificou, através de fluxogramas de produção, observações “in loco” em uma indústria representativa do setor, caracterizando o sistema de produção com a análise de cada operação de transformação da madeira, sua geração de resíduos e gerenciamento adotado. Assim, com base nos pontos críticos de geração de resíduos, foram estabelecidas ações para saná-los, de acordo com aspectos técnicos e as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O modelo de PGRS foi estruturado de acordo com o Artigo 21 da PNRS, observando-se as normas estabelecidas pelos órgãos do S SISNAMA, do SNVS, do Suasa e do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Piracicaba, SP.

De acordo com a PNRS, o modelo deve contemplar informações detalhadas e específicas sobre o empreendimento ou atividade; o nome dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos; diagnóstico dos resíduos sólidos (origem e volume); os procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador; a identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores; as ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes; as metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos, sua reutilização e reciclagem (com observação das exigências legais que o empreendimento precisa cumprir); as medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos. Os responsáveis pelo PGRS deverão efetuar a atualização das informações do plano aos órgãos ambientais e/ou autoridades, no mínimo anualmente.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Caracterização da empresa e variáveis de produção

Tratou-se de uma microempresa familiar, capital nacional e que, realizava atividades de fabricação de esquadrias e pisos de madeira sob encomenda, sendo produzidos em menor quantidade, produtos para compor o estoque da loja da empresa. A indústria atuava no mercado local e regional. A produção de esquadrias e pisos de madeira teve início há 15 anos, sendo os principais produtos portas, janelas, batentes, guarnições, assoalhos e decks.

No setor de pisos e esquadrias, a empresa tinha um quadro composto por 15 funcionários, sendo 4 montadores e ajudantes, 10 operadores de máquinas e 1 gerente de produção. A faixa etária era distribuída da seguinte forma: 53,84% dos funcionários com idade de 20 a 30 anos; 15,38% com 30 a 40 anos e 30,76%, com 40 a 50 anos. Do total de funcionários, 38,46% estavam trabalhando na empresa de 1 a 5 anos e 61,53% trabalhavam na empresa de 5 a 10 anos. A maioria dos funcionários tinha experiência anterior com marcenaria, quase 77% deles. Quanto à capacitação, apenas um funcionário possuía curso de vendas e atendimento ao cliente e 100% deles foram treinados informalmente para realizar as operações na marcenaria.

A produção da empresa atendia à pessoas físicas, jurídicas (engenheiros, arquitetos e designers) e empresas de três diferentes segmentos: marcenaria, decoração e acabamento e construção civil.

Os desenhos dos produtos eram elaborados pelos clientes ou encomendados dentro das opções do catálogo próprio da empresa.

O planejamento e execução da produção desses produtos de madeira eram realizados de acordo com os pedidos, fabricando diversos modelos de cada categoria de produto ao mesmo tempo, sendo que este foi um fator importante para redução da eficiência. O prazo de atendimento dos pedidos era variável e definido com o cliente durante a venda. Todavia, a empresa frequentemente incluía pedidos urgentes na linha de produção, para não perder a venda e/ou fidelizar os clientes. Isso resultava em alterações frequentes na produção, diminuição a motivação, sobrecarregando os funcionários. Quando o produto estava pronto, o mesmo seguia para entrega em caminhões da empresa.

As instalações físicas constavam de um galpão de alvenaria de 1.000m², uma área de comercio de madeira para fins estruturais de 1.200 m² e um pátio externo para recepção e estocagem da madeira de 5.000 m² (Figura 11).

Figura 11 - Estocagem da matéria-prima no pátio externo

O sistema de armazenamento das peças de madeira bruta era em pátio com apenas uma pequena área coberta. A madeira era entabizada e empilhada e posteriormente, colocada na estufa para secagem, em que não havia mecanismos para controle da umidade, ventilação ou temperatura, desta forma, inviabilizando a adoção de programa de secagem.

Após secagem, as tábuas passavam por uma seleção e eram separadas de acordo com as dimensões.

No espaço do galpão da marcenaria, que era dividido em área de estocagem de componentes e produtos e área de produção (usinagem e montagem), foram os seguintes equipamentos estacionários: duas destopadeiras, duas plainas desempenadeiras, duas serras circulares, uma moldureira com 5 eixos e outra com 6 eixos, uma desengrossadeira, uma furadeira múltipla, uma respigadeira, cinco tupias, duas perfilhadeiras, uma máquina para afiação de fresas, duas furadeiras horizontais, uma furadeira de corrente, uma serra de fita, uma prensa hidráulica, duas furadeiras de venezianas, uma lixadeira e uma prensa localizadas de acordo com a Figura 12. A maior parte dessas máquinas era nacional, não automatizadas, de modelos muito antigos, sendo a maioria adquirida de segunda mão, há 15 anos em média.

Figura 12. Leiaute do galpão da marcenaria (S – serra; A – plaina; F - tupia; D – desengrossadeira; U – furadeira; X – lixadeira)

Não foi identificado nenhum programa de manutenção preventiva de máquinas e ferramentas, ou de afiação, sendo que esses fatores refletiram diretamente no aumento da geração de resíduos, devido à baixa eficiência de corte.

A produção anual da marcenaria era em torno de 1.000 unidades de portas, 6.500 jogos de batentes, 15.000 metros lineares de guarnições, 800 m² de assoalhos, 2.800 metros lineares de decks e 500 unidades de produtos como bancos, mesas, etc.

A empresa trabalhava com ampla variedade de modelos de produto, sendo que apenas para portas, eram mais de 60 itens, como ilustra a Figura 13.

Figura 13. Diversidade de modelos de portas na empresa estudada

Os preços das portas variaram entre R\$ 200,00 e R\$ 2.500,00, sendo que as mais vendidas eram dos modelos “Roma” e “Pompéia” que custavam em torno de R\$ 500,00. O preço do metro quadrado de assoalho era R\$ 150,00, sem instalação e sem acabamento, e o metro linear de deck, R\$12,00. Já os jogos de batentes eram vendidos com valor médio de R\$ 180,00 e os jogos de guarnições cerca de R\$ 65,00.

2.3.2 Levantamento das variáveis de produção e diagnóstico dos resíduos madeireiros

2.3.2.1 Matéria prima

As principais espécies utilizadas para fabricação dos produtos foram identificadas. Para produção de portas, eram utilizadas a *Cedrelinga cateniformis* Ducke, cedroarana (consumidos em média 12 m³/mês) e *Cedrela spp.*, cedro rosa (consumidos em média 3 m³/mês). A espécie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr, garapeira, que era utilizada para fabricação de batentes, e seu volume médio de consumo era em torno de 2,5 m³/mês. A espécie *Hymenolobium spp.*, angelim pedra, utilizada para produzir batentes e guarnições apresentou consumo médio de 25 m³/mês. Já a *Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd., cumaru era utilizado para produção de pisos (assoalhos e decks) e seu consumo era em torno de 10 m³/mês.

A madeira utilizada pela empresa era proveniente dos Estados do Mato Grosso e Rondônia e não era certificada.

A madeira foi recebida com medidas não padronizadas especialmente na largura que variou de 100 a 500 mm. E para cada espécie e tipo de produtos com dimensões de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 - Dimensões da matéria-prima para fabricação dos produtos

Produto	Portas e guarnições	Batentes	Deck	Assoalho	Batentes e guarnições
Espécie	Cedro rosa e Cedroarana	Garapeira	Cumaru	Cumaru	Angelim pedra
Espessura (mm)	40	45	25	25	45
Largura (mm)	120,150,200,250	150	110	170	150
Comprimento (mm)	1500 - 6000	2500	2000 a 6000	2000 - 6000	1500 - 6000

Os valores pagos pela madeira (metro cúbico) eram de acordo com a espécie sendo para cedro rosa, R\$2.000,00; cedroarana, R\$1.300,00; angelim pedra, R\$ 1.600,00; garapeira, R\$ 1.450,00 e cumaru, R\$ 2.200,00.

Foi informado em entrevistas com os gestores, que a qualidade era do tipo “exportação” ou de “primeira qualidade”, em que não deveria haver presença de alburno (brancal), nós, rachaduras e outros. Todavia, os critérios de avaliação da madeira em seu recebimento eram inadequados. Os lotes de madeira recebidos eram compostos de madeira não selecionada. Em entrevistas com os marceneiros, mencionaram diversas vezes sobre problemas de defeitos na madeira bruta e como isto afeta a eficiência na fabricação dos produtos, sendo que a cedroarana foi apontada como a espécie que apresenta maior incidência de defeitos provocados por ataque de insetos. Verificou-se durante as observações “in loco” que a qualidade da madeira recebida não era isenta de defeitos como os gestores acreditavam, pois foram observados descartes de resíduos e geração de material de aproveitamento devido a alguns defeitos mais recorrentes conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14 - Principais tipos de defeitos na madeira na geração de resíduos (A) grã revessa; (B) rachaduras; (C) nós soltos; (D) ataques de insetos

Os defeitos também decorreram de secagem realizada e do armazenamento inadequado das peças de madeira bruta (Figura 15). Sendo que o local para estocagem não era todo coberto, expondo a madeira á chuva diretamente sobre parte do material estocando na etapa anterior a secagem. Os tabiques (separadores) ficavam dispostos inadequadamente (sem

alinhamento que permitisse que as tábuas tivessem seus pesos distribuídos uniformemente na pilha), causando deformações e empenamentos. Assim, não havia espaço adequado para ventilação homogênea na pilha, propiciando o surgimento de fungos manchadores que danifica madeiras claras.

Figura 15 - Falhas de armazenamento da madeira bruta aumentando a ocorrência de defeitos nas tábuas

No “teste do garfo” (Figura 16) foram evidenciados os problemas que normalmente estão relacionados às falhas de secagem, o que acaba refletindo em aumento da geração de resíduos de madeira, devido ao aumento da ocorrência de defeitos. Foram coletadas amostras de algumas espécies mais utilizadas como garapeira e cedroarana.

Figura 16 - Resultado do “Teste do garfo” – (A) cedroarana, apresentando endurecimento superficial; (B) garapeira, apresentando endurecimento superficial invertido e ligeiro endurecimento superficial; (C) garapeira, comportamento da amostra com presença de nó, prejudicando o resultado do teste

Verificou-se uma falta de padronização e controle geral do teor de umidade da matéria-prima após secagem em estufa, o que contribuiu para o aumento da geração de resíduos e descarte de componentes dos produtos, após o processamento, devido a defeitos como empenamento, descolamento, rachaduras e comprometendo a qualidade do produto acabado.

Em relação ao teor de umidade de equilíbrio da madeira que estava sendo utilizada para fazer os produtos, o maior teor foi observado na garapeira, utilizada na fabricação de batentes, apresentando uma média de 38,46%, sendo muito elevada, já que a faixa adequada é de 11% a 14,8% para o município de Piracicaba (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985). Também foi alta a umidade do angelim pedra, utilizado na fabricação de batentes e guarnições, que foi de 18,33%, portanto, 5% acima do ideal. As demais espécies estavam com teores mais adequados como a cedroarana, 9,2%; cumaru 11% e cedro rosa, 12,4%. Todavia, não havia controle da umidade realizado sistematicamente pela empresa.

Para redução de perdas devido à qualidade da matéria prima, indicou-se, dentre outras ações (Figura 17), a adoção de programas de secagem adequados às espécies; monitoramento da umidade da madeira; adoção de critérios dimensionais mais adequados aos produtos; procedimento para verificação da incidência de defeitos em seu recebimento.

Figura 17- Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados à matéria-prima

2.3.2.2 Fluxogramas da produção dos produtos estudados

a) Batentes

As peças de madeira bruta foram processadas, primeiramente, utilizando-se a destopadeira, para acertar os comprimentos dos componentes (cabeceiras e laterais), os resíduos gerados nesta operação são pedaços de madeira que são utilizados como lenha na estufa de secagem. Na próxima etapa, realizado o desdobramento das tábuas, para adequar larguras na serra circular. As tábuas são processadas pela plaina desempenadeira, para obter planos com 90°. Após esta etapa, realizada a operação de desengrossar para padronizar espessura com 410 mm. Posteriormente, em uma tupia, é feito o fresamento da peça nas medidas definitivas de largura das peças. Utilizando uma destopadeira, são feitos os cortes para padronizar o comprimento das peças, com a geração de resíduos finos e grossos. Utilizando-se respigadeira, o corte é realizado para as medidas padrões das cabeceiras para fazer os encaixes das laterais ou cabeceiras dos batentes. Na tupia, é feito o rebaixo nas peças, com dimensões de 370 mm x 11mm. Ao final, é realizada a operação de lixamento e montagem do batente com o grampeamento das peças (Figura 18).

Figura 18 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de batentes e resíduos gerados em cada operação

b) Portas

As peças de madeira bruta foram cortadas em uma destopadeira para padronização do comprimento dos montantes e das travessas, gerando resíduos finos, grossos e material de aproveitamento. Em uma serra circular foram realizados os cortes nas larguras das peças, gerando resíduos grossos, finos e material de aproveitamento. Posteriormente, as peças foram alinhadas na plana desempenadeira, para obter planos com 90° gerando resíduos finos. Em seguida, as peças foram processadas em desengrossadeira, para padronização de espessura, gerando resíduos finos. Em uma tupia foi feito o fresamento da parte da largura, havendo geração de resíduos finos. Na respigadeira, as travessas foram processadas gerando resíduos finos e grossos. Em tupia, foram feitos encaixes macho/ fêmea nos montantes e travessas, gerando resíduos finos. Em seguida foram feitas as furações para, posteriormente haver o encavilhamento e junção das peças. Foi utilizada uma prensa para junção dos componentes e colagem. Ao final foi realizado lixamento (Figura 19).

Figura 19 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de portas e resíduos gerados em cada operação

c) Guarnições

Na primeira etapa, As peças de madeira bruta foram processadas em uma serra circular, para atingirem larguras de 78 mm ou 110 mm (de acordo com o modelo), gerando resíduos finos, grossos e material de aproveitamento. As peças foram processadas em plaina desempenadeira para obter planos com 90°, gerando resíduos finos. Após acertar a largura, foi realizado o fresamento das quatro dimensões utilizando-se uma moldureira. Em uma destopadeira, foram obtidas as peças com 1000 mm de comprimento para obter as cabeceiras dos jogos de guarnições. Posteriormente, foi realizado o lixamento (Figura 20).

Figura 20 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de guarnições e resíduos gerados em cada operação

d) Decks

As peças de madeira bruta foram processadas em serra circular, para a obtenção de tábuas de 110 mm da largura, nesta etapa foi gerado material de aproveitamento e resíduos finos. Posteriormente, em uma moldureira, foram realizadas as operações de fresamento, obtendo-se peças com 100 mm de largura. Em uma destopadeira, foram efetuados os cortes de comprimento das peças com 1400 mm (dependendo do modelo), gerando resíduos grossos e finos. E por último, a operação de lixamento das peças (Figura 21).

Figura 21 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de decks e resíduos gerados em cada operação

e) Assoalhos

Nas etapas iniciais de preparação da matéria-prima, algumas peças de madeira bruta apresentaram espessuras excessivas, em torno de 35 mm e foram processadas em uma desgrossadeira para adequar a espessura em 25 mm, gerando resíduos finos. Em uma moldureira, foi realizado o fresamento das peças para se fazer os encaixes, havendo geração de resíduos finos. Devido a algumas variações na largura, as tábuas costumavam emperrar na moldureira, ocasionando diversas paradas para manutenção e excessivo esforço do operador, empurrando a tábua no equipamento. Ao final, realizou-se operação de lixamento (Figura 22).

Figura 22 - Fluxograma da fase de transformação da matéria-prima para fabricação de assoalho e resíduos gerados em cada operação

2.3.2.3 Identificação, caracterização e classificação dos resíduos madeireiros

a) Caracterização dos tipos de resíduos, operações geradoras e causas de geração

Os resíduos foram gerados no recebimento da madeira bruta, em decorrência de suas dimensões (selecionada como material de aproveitamento) e defeitos (resíduos grossos). Já nas operações de usinagem da madeira, identificou-se geração de resíduos finos, resíduos grossos e material de aproveitamento que foram classificados quanto a sua granulometria (Figura 23). Os resíduos grossos eram constituídos por peças de refugo e apresentaram tamanhos diversos, sendo descartados em função da presença de defeitos e das dimensões incompatíveis com os componentes dos produtos, nas operações de serramento. O material de aproveitamento se constituiu de resíduos grossos cujos defeitos e dimensões não permitia sua utilização na fabricação de determinados componentes da linha de produtos da empresa, gerados nas operações de serramento.

Figura 23 - Tipos de resíduos. (A) Resíduos finos; (B) Material de aproveitamento (madeira com dimensões reduzidas ou madeira com defeitos aproveitada para fazer outros produtos); (C) Material de aproveitamento (recebidos pelo fornecedor com comprimento menores e/ou maiores espessuras); (D) Resíduos grossos.

De acordo com sua granulometria, foram considerados resíduos finos aqueles formados por cavacos - resíduos com dimensões máximas de 50 x 20 mm, gerados nas operações de fresamento; maravalha - resíduos com mais de 2,5mm, gerados na operação de aplainamento; serragem - resíduos com dimensões entre 0,5 e 2,5mm, gerados nas operações de serramento; e pó - partículas menores do que 0,5mm, gerados nas operações de lixamento (Figura 24).

Figura 24 - Caracterização granulométrica dos resíduos finos. (A) serragem; (B) pó de lixadeira; (C) maravalha; (D) cavaco

A geração de resíduos de madeira está relacionada à qualidade da matéria-prima e insumos; ao tipo de processo; aos equipamentos; ferramentas, tecnologias utilizadas; mão de obra operacional e gerencial; design e/ou características do produto (NOLASCO & ULIANA, 2014). Sendo que a exigência do mercado consumidor destaca-se como ponto determinante para um baixo índice de aproveitamento da madeira devido à eliminação de defeitos nas peças (MATSUNAGA, 2005).

Com base nessas informações, as causas de geração (Quadros 2, 3, 4, 5 e 6) foram identificadas em cada operação.

Tipo de operação	Causa de geração de resíduo	Tipo de resíduo
Recebimento da matéria-prima	Ausência de critérios dimensionais e de incidência de defeitos na madeira	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Secagem da madeira	Ausência de programa de secagem, estufa inadequada	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Fase de preparação da matéria-prima: corte na largura para obtenção das peças com dimensões adequadas para serem processadas na moldureira (serra circular)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto -Defeitos nas tábuas - Operação de serrar	-Material de aproveitamento, resíduo grosso e resíduos finos (serragem)
Fase de preparação da matéria-prima: deixar os planos 90° (plaina desempenadeira)	- Defeito nas peças - Operação de desempenar	- Resíduos finos (maravalha)
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para padronização das dimensões (moldureira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de fresamento	- Resíduos finos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento da peça para fazer arredondamento (moldureira)	- Operação de fresamento	- Resíduos finos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: cortes no comprimento para obter as cabeceiras (destopadeira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de serrar	- Resíduos finos (serragem) idem e material de aproveitamento
Pré-acabamento: lixamento dos componentes do produto	Operação de lixamento	- Resíduos finos, (pó de lixadeira)

Quadro 2- Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de guarnições

Tipo de operação	Causa de geração de resíduo	Tipo de resíduo
Recebimento da matéria-prima	Ausência de critérios dimensionais e de incidência de defeitos na madeira	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Secagem da madeira em estufa	Ausência de programa de secagem, estufa inadequada	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Fase de preparação da matéria-prima: redução de dimensões de algumas peças de madeira bruta que tinham dimensões maiores do que 2,5cm (plaina desengrossadeira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de desengrossar	- Resíduos finos (maravalha)
Fase de preparação da matéria-prima: utilização de fresas para fazer os encaixes na peça (moldureira)	-Operação de fresamento	- Resíduos finos (cavaco) e grossos
Pré-acabamento: lixamento dos componentes do produto	Operação de lixamento	- Resíduos finos (pó de lixadeira)

Quadro 3 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de assoalhos

Tipo de operação	Causa de geração de resíduo	Tipo de resíduo
Recebimento da matéria-prima	Ausência de critérios dimensionais e de incidência de defeitos na madeira	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Secagem da madeira em estufa	Ausência de programa de secagem, estufa inadequada	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Fase de preparação da matéria-prima: corte das peças de madeira bruta para obtenção de tábuas na largura adequada para passar na moldureira (serra circular)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de serrar	- Resíduos finos (serragem) e material de aproveitamento
Fase de preparação da matéria-prima: utilização de fresas para obter uma peça arredondada (moldureira)	-Operação de fresamento	-Resíduos grossos e finos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: corte no comprimento para atingir as dimensões do produto (destopadeira)	- Defeito nas peças - Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de serrar	-Resíduos grossos e finos (serragem)
Pré-acabamento: lixamento dos componentes do produto	Operação de lixamento	- Resíduos finos (pó de lixadeira)

Quadro 4 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de decks

Tipo de operação	Causa de geração de resíduo	Tipo de resíduo
Recebimento da matéria-prima	Ausência de critérios dimensionais e de incidência de defeitos na madeira	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Secagem da madeira em estufa	Ausência de programa de secagem, estufa inadequada	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Fase de preparação da matéria-prima: corte das peças de madeira bruta para obtenção de tábuas no comprimento adequado para os componentes (destopadeira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Defeito nas peças - Operação de serrar	- Resíduos grossos e finos (serragem)
Fase de preparação da matéria-prima: cortes na largura adequada ao produto (serra circular)	- Defeito nas peças -Operação de serrar	- Resíduos grossos e finos (serragem) e material de aproveitamento
Fase de preparação da matéria-prima: deixar os planos 90° (plaina desempenadeira)	- Defeito nas peças - Operação de desempenar	-Resíduos finos (maravalha)
Fase de preparação da matéria-prima: redução de dimensões das tábuas de madeira bruta (plaina desengrossadeira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de desengrossar	-Resíduos finos (maravalha)
Fase de preparação da matéria-prima: corte no comprimento para atingir as dimensões do produto (destopadeira)	- Defeito nas peças - Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de serrar	- Resíduos grossos e finos (serragem) e material de aproveitamento
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para fazer rebaixo das cabeceiras na largura (respigadeira)	- Operação de fresamento	-Resíduos finos
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para adequar as dimensões de largura e espessura das peças (tupia)	- Operação de fresamento	-Resíduos finos (cavaco)

Quadro 5 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de portas

(continua)

Tipo de operação	Causa de geração de resíduo	Tipo de resíduo
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para fazer rebaixo nas laterais do batente (tupia)	- Operação de fresamento	-Resíduos finos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para fazer encaixes do batente (tupia)	- Operação de fresamento	-Resíduos finos (cavaco)
Pré-acabamento: lixamento dos componentes do produto	Operação de lixamento	- Resíduos finos (pó de lixadeira)

Quadro 5 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de portas

(conclusão)

Tipo de operação	Causa de geração de resíduo	Tipo de resíduo
Recebimento da matéria-prima	Ausência de critérios dimensionais e de incidência de defeitos na madeira	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Secagem da madeira em estufa	Ausência de programa de secagem, estufa inadequada	-Material de aproveitamento e resíduo grosso
Fase de preparação da matéria-prima: corte das peças de madeira bruta para obtenção de tábuas no comprimento adequado para os componentes (destopadeira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Eliminação de defeitos - Defeito nas peças - Operação de serrar	-Material de aproveitamento, resíduo grosso e resíduos finos (serragem)
Fase de preparação da matéria-prima: cortes na largura adequada ao produto (serra circular)	- Defeito nas peças -Operação de serrar	-Material de aproveitamento, resíduo grosso e resíduos finos (serragem)
Fase de preparação da matéria-prima: deixar os planos 90° (plaina desempenadeira)	- Defeito nas peças - Operação de desempenar	- Resíduos finos (maravalha)

Quadro 6 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de batentes

(continua)

Tipo de operação	Causa de geração de resíduo	Tipo de resíduo
Fase de preparação da matéria-prima: redução de dimensões das tábuas de madeira bruta (plaina desengrossadeira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de desengrossar	- Resíduos finos (maravalha)
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para adequar as dimensões de largura (tupia)	- Operação de fresamento	- Resíduos finos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para fazer encaixes macho/fêmea dos montantes e das cabeceiras (tupia)	- Operação de fresamento	- Resíduos finos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para fazer encaixes (respigadeira)	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de fresamento	- Resíduos finos e grossos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: corte no comprimento para atingir as dimensões do produto (destopadeira)	- Defeito nas peças - Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto - Operação de serrar	- Resíduos finos (serragem) e grossos
Fase de preparação da matéria-prima: fresamento para fazer rebaixo nas laterais do batente (tupia)	- Operação de fresamento	- Resíduos finos (cavaco)
Fase de preparação da matéria-prima: fazer furos para encaixe das cavilhas utilizadas na junção dos componentes da porta (furadeira múltipla)	- Operação de furação	- Resíduos finos
Pré-acabamento: lixamento dos componentes do produto	Operação de lixamento	- Resíduos finos (pó de lixadeira)

Quadro 6 - Causas de geração e tipos de resíduos na fabricação de batentes

(conclusão)

b) Caracterização e classificação dos resíduos

De acordo com a PNRS, os resíduos foram classificados sendo como resíduos “industriais” devido ao tipo de atividade madeireira que o originou (BRASIL, 2010).

A partir de sua caracterização, os resíduos foram classificados de acordo com a norma ABNT 10.004:2004, sendo as principais características dos resíduos madeireiros a ausência de agentes contaminantes ou perigosos, não inertes e devido terem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, portanto, “classe II A” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004a).

2.3.2.4 Produtos

Os principais problemas encontrados em relação ao produto e o aumento da geração de resíduos, foram devido modulação produto versus matéria-prima, problemas em relação à umidade acarretando defeitos nos produtos (rachaduras, frestas) e ocorrência de defeitos devido a falhas durante o transporte de entrega ao cliente. Este último, sendo sanado após comunicação do problema pelos funcionários à gerência, que acabou contratando ajudantes para ajudar no descarregamento dos produtos do caminhão. Algumas das soluções para tais problemas são apontadas no Diagrama de Árvore (Figura 25), como a realização de controle de qualidade do produto, adoção de critérios dimensionais na aquisição de matéria-prima, adoção de normas técnicas para fabricação dos produtos e adotar critérios de qualidade junto ao seu fornecedor.

Figura 25 - Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados ao produto

2.3.2.5 Análise dos recursos humanos

A mão de obra neste tipo de indústria é de nível gerencial e operacional e ambas tomam decisões que influenciam diretamente a qualidade do produto, o rendimento na produção e a geração de resíduos.

A escolha da peça de madeira bruta e da forma com que os cortes serão efetuados para produzir um determinado componente ou produto são decisões que dependem exclusivamente da mão de obra operacional, na qual se verificou falta de capacitação técnica.

Os operadores de máquinas não receberam qualificação formal. O processo de formação profissional se dá na própria empresa, na prática, de mestre para aprendiz. Nesse modelo, o auxiliar de serviços gerais começa em atividades que não exigem capacitação e vai aprendendo com um marceneiro mais experiente como selecionar a madeira para diferentes fins, como operar e realizar manutenção das máquinas e afiação de ferramentas, etc. Consequentemente, procedimentos operacionais inadequados são mantidos ao longo do tempo. Havia certa distinção de função entre os marceneiros, todavia, havia grande flexibilidade de execução de atividades, exceto os ajudantes.

Observaram-se constantes mudanças na produção, devido ao planejamento ser em função dos pedidos e de um processo sob encomenda, o que prejudicou a eficiência. A falta de padronização durante a seleção das tábuas para a produção dos produtos e a mudança constante de dimensões de produto, o que provocava erros por parte do operador o que aumenta a geração de resíduos grossos e material de aproveitamento. Desta forma, recomenda-se que haja menos variação no sistema de produção, o que é um desafio em um sistema sob encomenda.

Também se verificou falta de utilização de equipamentos de proteção individual, bem como situações que favoreciam ocorrência de problemas de saúde e segurança no trabalho, como falta de utilização de máscaras, óculos de segurança, excesso de esforço para empurrar madeira bruta na moldureira, momentos em que o processamento continuou mesmo com o exaustor de sucção de resíduos finos desligado, entre outros.

Através das observações in loco, notou-se que o rendimento do processamento da matéria prima por funcionário variou bastante, o que pode estar relacionado à falta de controle/ monitoramento do desempenho individual dos mesmos, que pode refletir em aumento na geração de resíduos, atrasos nas entregas dos pedidos, aumento do gasto com energia elétrica, dentre outros.

Todos esses problemas, que resultaram em aumento da geração de resíduos, foram identificados por meio do Diagrama de Árvore (Figura 26).

Observou-se uma diminuição da eficiência devido a desmotivação de funcionários, que acabam executando com menor qualidade a sua atividade, se preocupando menos com o desperdício de madeira. Foram observados equipamentos ligados por longo tempo, algumas vezes por mais de uma hora gastando energia elétrica sem estar processando madeira, o que pode estar relacionado a falhas de controle e gerenciamento da produção, sobrecarga de trabalho devido a um número cada vez mais reduzido de funcionários.

Verificou-se dificuldade de manter os funcionários mais experientes, sendo que muitos deles acabam abandonando a empresa, principalmente devido às condições de trabalho, no qual o operador está sujeito a algumas condições de trabalho inerentes ao setor de PVMA tais como risco de acidentes, carregamento de peso, exposição a ruído elevado e ao pó de madeira. Assim, é prática comum trocar o trabalho na marcenaria por outros tipos de serviços, em setores onde possam conseguir renda mensal similar com melhores condições de trabalho, o que resulta em perda de profissionais mais experientes atuando na função de marceneiro e disponíveis para contratação no mercado. Desta forma, as empresas encontram dificuldades até mesmo de encontrarem funcionários para trabalhar na marcenaria.

A maior parte da mão de obra da marcenaria da empresa em estudo era transportada do município de Tietê diariamente, sendo que a maioria dos operadores tinha experiência de vários anos trabalhando em outras indústrias madeireiras daquele município.

Para a minimização desses problemas são indicadas ações como: uso obrigatório dos equipamentos de proteção individual (EPI); adoção de equipamentos de proteção ambiental (EPA); realização de treinamentos em segurança e diálogo diário de segurança (DDS) para prevenir acidentes, uma vez que foi identificado em entrevistas que todos os funcionários já sofreram algum tipo de acidente de trabalho; contratação de maior número de operadores e não haver desvios de função durante as operações na marcenaria.

Figura 26- Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados à mão de obra

2.3.2.6 Análise do gerenciamento de resíduos

Conforme ilustra a Figura 27, as principais ações identificadas para aprimorar o gerenciamento dos resíduos seriam em relação aos equipamentos, adotando sua manutenção preventiva realizada através de estabelecimento de programa de afiação e troca de peças, a ser realizado periodicamente. Este tipo de ação visa à diminuição da geração de resíduos, que deverá ser o foco do PGRS.

Figura 27- Diagrama de Árvore para resolução de problemas relacionados ao gerenciamento de resíduos

2.3.2.7 Quantificação de resíduos e de rendimento gerados por produto

O rendimento médio dos lotes na marcenaria foi acima de 50% para os produtos analisados (Figuras 28, 29, 30, 31, 32). Que decorreu principalmente devido ao dimensionamento da peça de madeira bruta em relação ao desenho de produto. Outros fatores como defeitos na madeira (rachaduras, empenamentos, ataque de insetos, entre outros), falta de afiação de equipamentos, falta de padronização na seleção de peças de madeira bruta, também contribuíram para a geração de resíduos.

Figura 28 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de portas e erro padrão (em percentagem)

Figuras 29 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de batentes e erro padrão (em percentagem)

Figuras 30 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de guarnições e erro padrão (em percentagem)

Figura 31 - Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de decks e erro padrão (em percentagem)

Figura 32- Média de rendimento e da geração de resíduos na fabricação de e assoalhos e erro padrão (em percentagem)

De acordo com a quantificação, obtiveram-se volumes médios de madeira que se tornaram resíduos para a fabricação de cada unidade de cada tipo de produto (Tabela 6).

Tabela 6 - Volume médio de geração de resíduos por unidade de produto

Tipo	Madeira por unidade de produto (m ³)		Resíduos grossos (%) (m ³)		Resíduos finos (%) (m ³)		Material de aproveitamento (%) (m ³)	
batentes (jogo)	0,0605	8,56	0,0048	38,68	0,0217	6,68	0,0037	
portas (unidade)	0,0893	5,82	0,0052	26,39	0,0236	12,64	0,0113	
assoalho (metro linear)	0,0086	0,08	-	34,69	0,0030	-	-	
deck (metro linear)	0,0054	5,36	0,0003	31,44	0,0020	29,12	0,0018	
guarnições (jogo)	0,0212	1,81	0,0004	25,14	0,0054	19,17	0,0041	

a) Portas

A quantificação da produção de portas foi realizada de acordo com o modelo de produção da empresa, onde normalmente se fazia mais de um modelo de porta a cada vez, de acordo com os prazos dos pedidos, fabricando os componentes de acordo com as peças necessárias para completar o que não já havia sido feito. Outra forma de produção para este produto era de acordo com a madeira seca disponível e para estoque.

Foi realizada a quantificação do rendimento de produtos e da geração de resíduos em cada operação para fabricação de portas (Tabela 7) sendo que a geração total (de todas as operações dos lotes) foi de 5,82% de resíduos grossos, 26,39% de resíduos finos e 12,64% de material de aproveitamento.

Tabela 7 - Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de portas

Equipamento/operação	Percentagem de madeira			
	Produto (rendimento)	Resíduos grossos	Resíduos finos	Material de aproveitamento
1. Destopadeira (cortes no comprimento)	93,44	3,11	0,49	2,96
2. Serra circular (cortes na largura)	88,03	2,29	2,69	7,00
3. Plaina desempenadeira (deixar os planos 90°)	94,51	-	5,49	-
4. Desengrossadeira (padronização espessura)	89,02	-	10,98	-
5. Tupia (acertar largura)	98,34	-	1,66	-
6. Perfilhadeira (encaixe macho)	88,06	0,30	7,16	4,48
7. Tupia (encaixe fêmea)	94,49	-	5,51	-
8. Furadeira múltipla (furações)	98,63	-	1,37	-
9. Destopadeira (cortes no comprimento)	98,41	1,11	0,48	-
TOTAL (m³)	4,2067	0,5646	1,4048	0,7929
TOTAL MÉDIO - LOTES (%)	55,16	5,82	26,39	12,64
TOTAL MÉDIO POR OPERAÇÃO (%)	-	6,81	35,83	14,43
Desvio Padrão	4,61	1,14	3,59	2,51
Média (%)	93,66	0,76	3,98	1,60
CV (%)	4,92	150,01	90,27	156,82
Variância	19,39	1,39	12,74	6,83
Erro padrão	1,54	0,38	1,20	0,84

De modo geral, verificou-se que a maior geração de resíduos foi na realização dos cortes na largura (serra circular), principalmente devido a ausência de padronização da largura da madeira bruta, pois verificou-se rendimento de 88,06% (Tabela 7), sendo o mais baixo de todas as operações. Todavia, considerando total médio de cada operação (%) da geração de resíduos, verificou-se os pontos críticos de geração resíduos grossos, sendo que na destopadeira (45,70%) foi a mais crítica e na serra circular (33,59%); resíduos finos com 30,64% de seu volume gerado na desgrossadeira, principalmente em função da excessiva espessura da madeira bruta e na perfilhadeira foram 19,98% dos resíduos finos totais, que pode estar associado à falta de afiação dos equipamentos; o material de aproveitamento foi mais gerado na serra circular (48,47%) gerados também devido as peças apresentarem defeitos por ataques de insetos e dimensões excessivas de largura das peças de madeira bruta.

b) Guarnições

A quantificação da produção de guarnições foi realizada de acordo com o modelo de produção da empresa, atendendo aos prazos dos pedidos e de acordo com a madeira seca disponível em estoque.

Foi realizada a quantificação dos produtos e resíduos em cada operação para fabricação de guarnições (Tabela 8) sendo que a geração total (de todas as operações dos lotes) foi de 1,99% de resíduos grossos, 23,17% de resíduos finos e 22,18% de material de aproveitamento.

Tabela 8- Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de guarnições

Equipamento/operação	Percentagem de madeira			
	Produto (rendimento)	Resíduos grossos	Resíduos finos	Material de aproveitamento
1. Serra circular (corte na largura)	78,50	0,94	3,88	16,56
2.Plaina desempenadeira (deixar os planos 90°)	93,17	-	6,83	-
3.Moldureira (fresamento)	88,47	-	10,39	1,15
4.Destopadeira (corte no comprimento)	92,21	1,25	0,02	6,54
TOTAL (m³)	1,8208	0,0643	0,8388	0,7697
TOTAL MÉDIO - LOTES (%)	52,85	1,99	23,17	22,18
TOTAL MÉDIO POR OPERAÇÃO (%)	-	2,18	21,11	24,25
Desvio Padrão	6,71	0,64	4,40	7,56
Média (%)	88,09	0,55	5,28	6,06
CV (%)	7,61	117,65	83,43	124,67
Variância	44,99	0,41	19,38	57,15
Erro padrão	3,35	0,32	2,20	3,78

De modo geral, verificou-se que a maior geração de resíduos foi na realização dos cortes na largura (serra circular), principalmente devido a ausência de padronização da largura da madeira bruta, pois verificou-se rendimento de 76,82% (Tabela 8), sendo o mais baixo de todas as operações. Todavia, considerando o total médio de cada operação (%) da geração de resíduos, verificou-se os pontos críticos de geração de resíduos grossos foi observado na serra circular (43,10%); já os resíduos finos representou 49,20% de sua geração na moldureira, principalmente em função da excessiva espessura da madeira bruta e a falta de afiação; o material de aproveitamento foi mais gerado na serra circular (68,30%) principalmente devido a dimensões excessivas de largura das peças de madeira bruta.

c) Decks

A quantificação da produção de decks foi realizada conforme o modelo de produção da empresa, de acordo com os pedidos.

Foi realizada a quantificação dos produtos e resíduos em cada operação para fabricação de decks (Tabela 9) sendo que a geração total (de todas as operações dos lotes) foi de 1,34% de resíduos grossos, 31,44% de resíduos finos e 14,56% de material de aproveitamento.

Tabela 9 - Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de decks

Equipamento/operação	Percentagem de madeira			
	Produto (rendimento)	Resíduos grossos	Resíduos finos	Material de aproveitamento
1. Serra circular (cortes na largura)	66,62	-	4,25	29,12
2. Moldureira (fresamento)	63,32	0,59	36,09	-
3. Destopadeira (corte no comprimento)	92,69	4,14	3,17	-
TOTAL MEDIDO (m³)	2,4447	0,0643	1,4237	0,1500
TOTAL MÉDIO - LOTES (%)	52,66	1,34	31,44	14,56
TOTAL MÉDIO POR OPERAÇÃO (%)	-	4,73	43,51	29,12
Desvio Padrão	16,09	2,24	18,70	
Média (%)	74,21	1,58	14,50	29,12
CV (%)	21,68	141,88	128,92	-
Variância	258,77	5,01	349,69	-
Erro padrão	9,29	1,29	10,80	-

De modo geral, verificou-se que a maior geração de resíduos foi na realização dos cortes na largura (serra circular), principalmente devido a ausência de padronização da largura da madeira bruta, pois verificou-se rendimento de 66,62% (Tabela 9), sendo o mais baixo de todas as operações. Todavia, considerando o total médio de cada operação (%) da geração de resíduos, verificou-se os pontos críticos de geração de resíduos grossos foi na destopadeira (87,46%); resíduos finos com 82,94% de seu volume na moldureira, principalmente em função da excessiva espessura da madeira bruta e a falta de afiação; o material de aproveitamento são gerados apenas durante os cortes na largura na serra circular (100%), principalmente, devido as dimensões excessivas de largura das peças de madeira bruta.

d) Assoalhos

A quantificação da produção de assoalhos foi realizada de acordo com o modelo de produção da empresa, de acordo com os pedidos.

Foi realizada a quantificação dos produtos e resíduos em cada operação para fabricação de assoalhos (Tabela 10) sendo que a geração total (de todas as operações dos lotes) foi de 0,08% de resíduos grossos e 34,69% de resíduos finos.

Tabela 10- Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de assoalhos

Equipamento/operação	Percentagem de madeira			
	Produto (rendimento)	Resíduos grossos	Resíduos finos	Material de aproveitamento
1. Desengrossadeira (reduzir dimensões)	98,01	-	1,99	-
2. Moldureira (encaixes, padronizar as 4 faces da peça)	65,58	0,04	34,39	-
3. Respigadeira (encaixes, padronizar 4 faces da peça)	61,03	0,02	38,95	-
TOTAL MEDIDO (m³)	3,3902	0,0030	1,5876	-
TOTAL MÉDIO - LOTES (%)	65,27	0,08	34,69	-
TOTAL MÉDIO POR OPERAÇÃO (%)	-	0,04	36,37	-
Desvio Padrão	20,17	0,01	20,15	-
Média (%)	74,87	0,03	25,11	-
CV (%)	26,94	40,34	80,27	-
Variância	406,75	0,00	406,14	-
Erro padrão	11,64	0,01	11,64	-

De modo geral, verificou-se que a maior geração de resíduos foi na realização do fresamento das peças, principalmente devido a ausência de padronização da largura da madeira bruta e a afiação, ocasionando rendimento em torno de 65% (Tabela 10), sendo o mais baixo de todas as operações. Desta forma, considerando o total médio de cada operação (%) da geração de resíduos, verificou-se os pontos críticos de geração de resíduos ocorreram na moldureira e na respigadeira, sendo em torno de 95% de finos e grossos, este último gerado devido a peças que foram danificadas pela falta de afiação do equipamento.

e) Batentes

A quantificação da produção de batentes foi realizada de acordo com o modelo de produção da empresa, de acordo com os pedidos.

Foi realizada a quantificação dos produtos e resíduos em cada operação para fabricação de batentes (Tabela 11) sendo que a geração total (de todas as operações dos lotes) foi de 11,04% de resíduos grossos, 25,19% de resíduos finos e 8,92% de material de aproveitamento.

Tabela 11 – Resultados da geração média de resíduos dos lotes na produção de batentes

Equipamento/operação	Percentagem de madeira			
	Produto (rendimento)	Resíduos grossos	Resíduos finos	Material de aproveitamento
1. Destopadeira (corte no comprimento)	89,54	6,53	3,92	-
2. Serra circular (corte na largura)	92,31	0,53	0,90	6,26
3. Plaina desempenadeira (deixar os planos 90°)	94,21	-	5,79	-
4. Desengrossadeira (redução espessura)	86,57	-	13,43	-
5. Destopadeira (cortes comprimento)	90,92	10,18	-3,78	2,68
6. Respigadeira (encaixes)	99,00	-	1,00	-
7. Tupia (rebaixo, padronizar largura e espessura)	96,97	-	3,03	-
TOTAL (m³)	0,4321	0,0833	0,2322	0,0554
TOTAL MÉDIO - LOTES (%)	55,27	11,04	25,19	8,92
TOTAL MÉDIO POR OPERAÇÃO (%)	-	17,25	24,28	8,94
Desvio Padrão	4,30	4,17	5,33	2,41
Média (%)	92,79	2,46	3,47	1,28
CV (%)	4,64	169,09	153,57	189,02
Variância	18,50	17,36	28,36	5,82
Erro padrão	1,63	1,57	2,01	0,91

De modo geral, verificou-se que a maior geração de resíduos (86,57%) foi na operação de desengrossar, principalmente devido a excessivas dimensões da madeira bruta em relação ao produto (Tabela 11). Desta forma, considerando o total médio de cada operação (%) da geração de resíduos, verificou-se os pontos críticos de geração de resíduos grossos ocorreram nas destopadeiras (96,91%); já os resíduos finos gerados 55,31% de seu volume na operação desengrossar, principalmente em função da excessiva espessura da madeira bruta; o material de aproveitamento gerado apenas durante os cortes na largura na serra circular (70,04%) e nos cortes do comprimento em destopadeira, 29,96%, que ocorreu principalmente devido a dimensões excessivas de largura das peças de madeira bruta.

2.3.2.8 Aspectos econômicos da geração de resíduos

Com a quantificação da madeira utilizada para fabricar cada unidade de produto, considerando o valor pago pela matéria-prima, verificou-se o que isso representa em termos econômicos de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12 - Perdas econômicas por quantidade de matéria prima processada para produzir uma unidade de cada tipo de produto

Produto	Espécie	Volume madeira (m ³)	Matéria- prima total utilizada (R\$)	Matéria-prima que se tornou resíduo fino, grosso e aproveitamento
				(R\$)
batentes (jogo)	angelim	0,0303	89,43	40,95
batentes (jogo)	garapeira	0,0303	81,05	37,11
portas (unidade)	cedro rosa	0,0492	150,76	52,36
portas (unidade)	cedroarana	0,0492	97,99	34,03
assoalho (metro linear)	cumarú	0,0056	22,34	10,02
deck(metro linear)	cumarú	0,0033	13,79	6,53
guarnições (jogo)	cedro rosa	0,0113	42,76	20,16
guarnições (jogo)	angelim	0,0113	34,21	16,13

2.3.3 Avaliação do sistema atual de gerenciamento de resíduos da empresa: desafios e oportunidades

A forma de gerenciamento de resíduos da empresa não apresentou ações para redução da geração de resíduos, sendo o foco principal o aproveitamento desses materiais, evitando sua disposição em aterro. Sendo que a destinação dos resíduos finos era para aproveitamento energético, e o material de aproveitamento utilizado para produção de novos produtos. Desta forma, a empresa manejava seus resíduos de forma legal e não foram observados impactos ambientais negativos em relação a isto. Verificou-se que com a comercialização de resíduos finos, a empresa geradora, assumiu o risco de responder judicialmente pelos impactos que estes possam causar, já que de acordo com a PNRS, a responsabilidade do gerador do resíduo não cessa com a destinação a terceiros.

Os resíduos da indústria estudada eram destinados corretamente. As ações para sua valorização consistiam no aproveitamento dos resíduos grossos para produção de calor (queima como lenha) na estufa de secagem da madeira na própria empresa; o material de aproveitamento era destinado à produção de outros produtos (mesas, bancos e banquetas, entre outros), que eram produzidos e comercializados pela própria empresa (Figura 33) e também como trava para os jogos de batentes, evitando danos no armazenamento e transporte; os resíduos finos eram vendidos para queima em fornos de produção de cerâmica em uma olaria localizada no município de Saltinho-SP.

Figura 33 - Destinação dos resíduos de madeira na indústria estudada

Essas destinações agregaram valor aos resíduos, além de possibilitar sua correta destinação (Quadro 7).

Resíduos	Destinação	Volume estimado (m³/ano)	Retorno econômico médio (R\$)
Grossos	Queima na estufa de secagem na própria empresa	70,00	17.500 de madeira seca
Finos	Venda para olaria	720	10.800,00
Material de aproveitamento	Matéria-prima para outros produtos (mesas, banquinhos, cachepôs)	27,8611	46.433,33

Quadro 7 – Formas de valorização dos resíduos madeireiros pela empresa

Os resíduos madeireiros gerados pela empresa apresentam potencial para aproveitamento também em outros produtos, como por exemplo, produção de pequenos objetos, artefatos, brindes, até mesmo por terceiros. Os resíduos finos, já que não possuíam nenhum componente químico em sua constituição, poderiam ser utilizados em compostagem ou vendidos a granel em pequenas quantidades para pet shops, por exemplo, aumentando seu valor de comercialização, já que um metro cúbico de maravalha por ser comercializado em média por R\$ 30,00 (MF Rural, acesso em 11 mar. 2016) e 500g por R\$ 5,00 sendo o valor médio de venda para o consumidor final (PET LOVE, acesso em 11 mar. 2016; COBASI, acesso em 11 mar. 2016) e a serragem prensada em média R\$ 3,50, 500g (PET VIRTUAL, acesso em 11 mar. 2016; DOG LOJA, acesso em 11 mar. 2016).

Ações para viabilizar parte dos resíduos que atualmente são queimados na estufa como material de aproveitamento nos produtos que a própria empresa poderia produzir, como por exemplo, a produção de portas lisas, aproveitando os sarrafos para o miolo. A produção de brindes de madeira também é um mercado muito interessante e que agrega muito valor aos resíduos, sendo que cada unidade de um pequeno produto, pode ser comercializada em torno de R\$15,00, dependendo do tipo e quantidade encomendada, inclusive podendo ser de marchetaria, aproveitando a diversidade de cores das espécies que compõem os resíduos grossos.

2.3.4 Pontos críticos de geração de resíduos

Os resíduos de mais difícil destinação foram os finos, por apresentarem baixa densidade em estado solto, devido ao custo de transporte e pela necessidade de que haja na microrregião onde se encontra a empresa, terceiros para sua venda ou viabilização de ações para sua valorização conjuntamente com outras empresas, devido ao alto investimento em equipamentos para produção de pellets ou briquetes. As operações que geraram maior quantidade de resíduos finos foram de desengrossar para portas (Tabela 7) e batentes (Tabela 11; e fresamento para guarnições (Tabela 8), deck (Tabela 6) e assoalho (Tabela 10).

A geração de material de aproveitamento foi maior na serra circular (cortes na largura) e perfilhadeira (com descarte de peças com defeitos) na produção de portas (Tabela 7); serra circular (cortes na largura) para guarnições (Tabela 8) e deck (Tabela 6); serra circular e destopadeira para batentes (Tabela 11).

Como a matéria-prima tinha que ser cortada para se adequar ao desenho de produto, isto contribuiu para o aumento da geração de resíduos, pois havia peças de madeira bruta possuíam medidas muito maiores do que o necessário, havendo perdas excessivas durante os cortes, como exemplificado na Figura 34. Por exemplo, para produção de assoalhos, as peças de madeira bruta eram de 25 mm de espessura, mas se observou que haviam algumas com 35 mm, sendo que a espessura do produto final era de 20mm.; 170 mm de largura das tábuas bruta, sendo que a largura do produto final era de 150 mm. Outro exemplo, peças de madeira bruta 240 mm em média de largura, para fabricar batentes com 170 mm de largura. Peças de madeira bruta com 45 mm para fazer componentes de portas de 33mm.

Figura 34 - Exemplo de geração de resíduos grossos devido ao desenho de produto. (A) porta com corte realizado em forma de “meia lua”, (B) resíduos grossos decorrentes do corte em “meia lua”

Foi apontado pelos funcionários que o tipo de processo de produção sob encomenda, ou seja, uma característica do sistema de produção, que influencia inclusive a qualidade da seleção das peças de madeira bruta para fabricar os pedidos, variando de acordo com o funcionário que a executa e de acordo com a urgência do prazo de entrega, pois quanto maior a urgência, pior a escolha das tábuas para cada produto e maior ocorrência de erros, devido ao planejamento feito as pressas, aumentando a geração de resíduos.

2.3.5 Elementos para o plano de gerenciamento de resíduos madeireiros para pequenas indústrias de PMVA

O presente modelo contempla apenas os resíduos madeireiros, e os demais tipos resíduos devem ser complementados pela empresa. Foi elaborado especificamente para as indústrias de PMVA, baseado nas diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, e no conteúdo mínimo exigido, e devido ser específico para empresas de micro e pequeno porte, que é apresentado como um tipo de plano simplificado, de acordo com o Artigo 21 (BRASIL, 2010). Considerando os aspectos técnicos, foi elaborado o presente modelo com ações, baseadas no Programa Produção Mais Limpa.

As indústrias que fabricam PMVA, possuem características de produção sob encomenda, são de micro e pequeno porte, com ausência de automatização, baixa capacitação de mão de obra e capacidade de investimento, entre outros.

Essas empresas deverão elaborar PGRS, de forma individual ou conjunta, para resíduos do tipo “industriais”, já que seu volume de geração não é compatível com os do tipo “domiciliares”, sendo a empresa geradora responsável pelo tratamento e destinação de seus resíduos, e não ao serviço de limpeza urbana do município. De acordo com a PNRS, o foco do PGRS deverá ser a diminuição de geração através de ações que são realizadas visando sanar os problemas que levam a essa geração de resíduos, indicando ainda a forma de monitoramento dessas ações e sua periodicidade, para que a empresa busque melhoria contínua neste aspecto. O PGRS deverá ser elaborado de acordo com a legislação ambiental específica da microrregião em que a empresa se localiza, e deverá ter um responsável que manterá atualizada suas informações para que responda legalmente pelo PRGS e preste contas aos órgãos ambientais ou municipais.

O modelo elaborado no presente trabalho irá facilitar essa elaboração pelas empresas, já que estas geralmente não possuem profissionais com capacidade técnica para tanto, e tão pouco possuem capacidade de investimento em contratação de consultorias que atuam na elaboração do PGRS. No caso de empresas que gerem resíduos perigosos e/ou representem riscos de impactos ambientais (resíduos de madeira contaminados por vernizes, tintas e colas), são elaborados programas específicos para seu tratamento e disposição com ações voltadas para redução de seu volume, periculosidade e/ou riscos ambientais, para seu adequado tratamento para posteriormente, seu aproveitamento ou disposição em aterro sanitário.

2.3.5.1 Diagnóstico de resíduos

A primeira etapa da elaboração do PGRS é a caracterização da empresa e em seguida deve ser realizado o diagnóstico de geração de resíduos (Quadro 8), conforme dados apresentados anteriormente no item 2.3.2 (Levantamento das variáveis de produção e diagnóstico dos resíduos madeireiros). Para melhor entendimento, esses dados são analisados e as informações apresentadas em planilhas que facilitem o entendimento dos problemas e a tomada de decisão quanto às soluções possíveis.

Resíduos madei- reiros	Características	Fonte geradora	Tipo de operação geradora	Causas de Geração	Classifica- ção	Cód. ABNT NBR 10.004 /2004	Volume madeira processada / m³
Grossos	Encontra-se no estado sólido, diversas dimensões, diversas espécies	É gerado na eliminação de defeitos da madeira em função da presença de defeitos e dimensões da matéria-prima	-Seleção das tábuas brutas -Secagem -Serramento	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto -Ausência de programa de secagem, estufa inadequada -Defeitos nas tábuas - Mão de obra (capacitação) - Tipo de produto - Condições dos equipamentos (afiação, idade)	Classe II – não perigoso	A009	70,00
Finos	Cavacos (resíduos com dimensões máximas de 50 x 20 mm; maravalha (resíduos com mais de 2,5 mm); serragem (resíduos com dimensões entre 0,5 e 2,5 mm; pó (partículas menores do que 0,5 mm	Na transformação da madeira para adequar as dimensões e forma e obter o produto final	-Aplainamento -Serramento -Fresamento -Furações -Lixamento	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto -Defeitos nas tábuas - Mão de obra(capacitação) - Tipo de produto -Condições dos equipamentos (afiação, idade)	Classe II – não perigoso	A009	720,00
Material de aproveita- mento	Pedaços de madeira com maiores dimensões, diversas espécies	Cortes nas tábuas brutas com dimensões excessivas em relação ao produto ou no caso de tábuas brutas enviadas com menores comprimentos e/ou maiores espessuras pelo fornecedor	-Seleção das tábuas brutas -Secagem -Serramento	- Peças de madeira bruta com dimensões inadequadas em relação ao produto -Ausência de programa de secagem, estufa inadequada -Defeitos nas tábuas - Mão de obra (capacitação) - Tipo de produto -Condições dos equipamentos (afiação, idade)	Classe II – não perigoso	A009	27,86

Quadro 8 - Identificação, caracterização e classificação dos resíduos madeireiros e suas causas de geração

De posse dessas informações, são verificados os tipos de resíduos, analisando-se os problemas e as vantagens de sua destinação atual (Quadro 9).

Resíduos	Forma de Armazenamento	Destinação	Desvantagens	Vantagens
Grossos	Estocado em uma área do galpão	Queima na caldeira para geração de vapor (energia) utilizada na estufa de secagem	Gastos com armazenamento, gastos com mão de obra, falta de homogeneidade	Aproveitamento para geração de energia, secagem da matéria-prima, não envio para aterro sanitário e não geração de impactos ambientais negativos
Finos	Silo	Venda para olaria como fonte de energia	Gastos com armazenamento, custos com destinação, risco de multas devido a responsabilidade do gerador, risco de incêndio, falta de opções de destinação de acordo com a localização da empresa	Aproveitamento para geração de energia, retorno financeiro com a venda, não envio para aterro sanitário e não geração de impactos ambientais negativos
Material de aproveitamento	Empilhado	Matéria-prima para outros produtos (mesas, banquinhos, cachepôs)	Gastos com armazenamento, dimensões diversas, presença de defeitos nas peças	Aproveitamento em novos produtos

Quadro 9– Vantagens e desvantagens das soluções atuais adotadas pela empresa no gerenciamento dos resíduos

2.3.5.2 Ações para o gerenciamento adequado dos resíduos madeireiros

2.3.5.2.1 Ações para redução da geração

Nesta etapa, quando os resíduos já foram identificados e feita a análise de seus fatores de geração, identificam-se as propostas de mudanças de seu gerenciamento, visando sua

redução de geração (Quadro 10). Algumas recomendações podem servir de referência para busca de novas alternativas de soluções para os resíduos e devem ser elaborados de acordo com a realidade de cada empresa. Existem soluções e destinação dos resíduos que podem ser realizadas de forma conjunta a outras empresas, pois além do plano individual, existe a possibilidade de um PGRS coletivo (de acordo com a PNRS), no caso de empresas que operam de forma integrada, ou que estão localizadas em distritos industriais, APL, incubadoras de empresa. É importante salientar que as ações não apenas devem priorizar aumento do lucro com os resíduos, mas ainda benefícios para a sociedade e meio ambiente, consequentemente, reflete em melhoria da conduta e imagem da empresa.

Causa de geração de resíduos	Tipo de problema	Proposta de solução
Qualidade da matéria prima	Dimensões inadequadas em relação ao produto,	Controle e seleção de fornecedores; avaliação em seu recebimento
Qualidade da matéria prima	Defeitos nas tábuas	Controle da umidade da madeira utilizada; substituição das espécies com grande incidência de defeitos; adoção de procedimentos técnicos adequados de seu armazenamento
Qualidade da matéria prima	Secagem realizada de forma inadequada	Obter estufa adequada que permita a utilização de programa de secagem e qualificação da mão de obra
Mão de obra	Capacitação	Promover treinamentos visando aprimoramento dos conhecimentos e habilidades dos funcionários; Treinamentos em segurança
Mão de obra	Variação de quantidade de resíduos gerados por funcionário	Fazer análise de controle de qualidade das equipes periodicamente
Produto	Tipos de produto	Investir no desenvolvimento de novos produtos para maior valorização de resíduos (pisos engenheirados, pisos de pequenas dimensões, mosaicos/painéis de pastilhas, briquetes, artefatos, entre outros).
Produto	Desenho de produto	Investir em adequação dos produtos em relação as dimensões da matéria prima, evitando perdas excessivas de madeira que considerem apenas a estética do produto
Qualidade dos equipamentos	Condições de afiação, idade	Utilizar ferramentas e equipamentos de boa qualidade e mantê-los sempre em bom estado de conservação; realizar procedimentos de afiação e manutenção preventiva das ferramentas e equipamentos; investimento em equipamentos de maior nível tecnológico

Quadro 10 – Ações para reduzir a geração de resíduos

2.3.6 Propostas de ações para valorização dos resíduos

É interessante verificar que a empresa estudada realizava a valorização de seus resíduos gerados, estando adequada legal e ambientalmente. No entanto, verificamos que existem outras possibilidades para valorização dos resíduos, que poderão ser adotadas por outras empresas do setor de PMVA (Quadro 11), que deverá ser de acordo com a estratégia

que for mais bem avaliada pela empresa e até mesmo com as potencialidades identificadas na região em que está inserida.

Resíduo	Utilização	Propostas de destinações visando maior sustentabilidade/ valorização
Grossos	Aproveitamento interno	Queima para secagem de madeira, produção de portas lisas, maior utilização como material de aproveitamento
	Aproveitamento externo	De acordo com a microrregião onde está localizada: souvenir (regiões turísticas), doar para projetos sociais de marcenaria. Novos produtos compostos de pequenos pedaços colados, carvão, produzir brindes, artefatos, brinquedos, utensílios para cozinha, escritório, molduras, mesinhas, bio joias, marchetaria, entre outros.
Finos	Aproveitamento interno	Geração de energia (no caso de insuficiente volume de resíduos grossos), fabricação de painéis, novos materiais e produtos com sua aglutinação com biorresinas
	Aproveitamento externo	Produção de briquetes, pellets (em conjunto com outras indústrias do setor), venda da serragem para pet shops, compostagem, doação ou venda para jardins e hortas municipais, viveiros de mudas, uso das cinzas para produção de sabão, uso em caldeiras, entre outros.
Material de Aproveitamento	Aproveitamento interno	Aproveitamento em novos produtos
	Aproveitamento externo	Venda dos que não puderem ser aproveitados internamente, doação

Quadro 11 - Possibilidade de ações para valorização dos resíduos madeireiros em pequenas empresas de PMVA

Algumas soluções para melhoria no gerenciamento dos resíduos madeireiros podem ser em parceria com outras instituições. Por exemplo, doação para projetos sociais de marcenaria; utilização em compostagem ou produção de briquetes conjuntamente à outras empresas. Todavia, a destinação de resíduos para terceiros não isenta a empresa geradora da responsabilidade sobre os impactos que seu resíduo pode causar ao longo do tempo, conforme o princípio da responsabilidade solidária e o Art. 27 § 1º da PNRS (BRASIL, 2010). Assim, deve-se ter precaução ao estabelecer parceria para destinação, em função dessa

impossibilidade legal de transferir a responsabilidade sobre os resíduos gerados, na qual o gerador deverá responder legalmente sobre danos provocados por seus resíduos ou rejeitos mesmo após sua venda ou doação.

As soluções para maior valorização na destinação dos resíduos devem ser definidas de acordo com as possibilidades que oferece a microrregião, em que a empresa está localizada e de acordo com as estratégias e suas possibilidades, primando sempre pela sua menor geração e maior valorização. No caso da localização, por exemplo, a proximidade com locais turísticos pode ser mais viável economicamente produzir souvenir com os resíduos grossos de madeira.

Também, ao invés de vender os resíduos finos para queima em olaria, o que gera um retorno econômico mais baixo se comparado à venda de briquetes, pellets. Todavia, estes produtos possuem custos inerentes a sua fabricação que devem ser considerados e buscadas soluções de ações consorciadas, todavia, analisando a viabilidade econômica e mercado para este negócio.

Contudo, deve constar no PGRS as ações preventivas e corretivas, que também no caso de emergências (acidentes) e gerenciamento incorreto, deverão ser executadas, de modo a evitar ou sanar rapidamente impactos sobre a saúde pública e meio ambiente. Essas ações devem ser pautadas nos riscos e tipos impactos negativos potenciais inerentes ao tipo de resíduo. Por exemplo, cobrir a carga de resíduos finos para não haver sua dispersão durante o transporte; ações para evitar riscos de incêndio no pátio de resíduos e de aproveitamento. Plano de ação no caso de tombamento de caminhão em estradas, ou cursos d'água. Prevenção de riscos laborais na marcenaria, através de um programa de manutenção do sistema de exaustão, pois há riscos de ocorrer uma concentração de serragem muito fina depositada nos elementos estruturais em atrito, especialmente no setor de lixamento, com elevada possibilidade de incêndio e explosão.

No PGRS, deverão constar a forma e periodicidade de monitoramento das ações implementadas. Esse monitoramento poderá ser realizado através de indicadores (por exemplo, geração de resíduos madeireiros; qualidade da matéria prima) e índices (por exemplo, rendimento de 70 a 80%; teor de umidade acima de 14,8% para Piracicaba). Desta forma, devem ser selecionados com base nos principais problemas a serem sanados para menor geração e maior valorização de resíduos possível, conforme exemplo no Quadro 12.

Indicador	Índices	Forma de monitoramento
Qualidade da matéria prima	Dimensões inadequadas em relação ao produto (respeitadas as medidas mínimas para produzir cada tipo de produto)	Sistema de verificação da matéria prima recebida com adoção de critérios de qualidade no romaneio; procedimento de feedback junto ao fornecedor
Qualidade da matéria prima	Incidência (%) de defeitos na matéria prima de acordo com o estabelecido em norma técnica	Defeitos nas tábuas de acordo com o tolerado em norma técnica; Sistema de verificação da matéria prima recebida com adoção de critérios de qualidade no romaneio;
Qualidade da matéria prima	Percentagem dos lotes de peças de madeira bruta armazenadas de maneira adequada	Adoção de sistema de verificação e controle dos procedimentos de armazenamento da madeira no pátio (verificação de tabiques – tamanho, disposição adequados)
Qualidade da matéria prima	Umidade da matéria prima entre 11 e 14,8% (para Piracicaba)	Utilização de programas de secagem de acordo com a espécie
Motivação de mão de obra	Percentagem de funcionários treinados	Ocorrência de treinamentos sobre segurança, operação de equipamentos, manutenção de equipamentos e segurança;
Motivação de mão de obra	Baixa ocorrência de acidentes	Controle/ registro do número de acidentes e incidentes; realização de análises de risco; realização da manutenção preventiva de equipamentos; identificação do número e tipos de falhas de segurança
Eficiência de mão de obra	Rendimento (%) da matéria prima por tipo de produto por funcionário	Realização de análise de controle de qualidade das equipes periodicamente; verificação da quantidade de cada tipo de resíduos gerado por cada funcionário periodicamente
Produto adequado ambientalmente	Percentagem de modelos de produto com desenho modificado para diminuir geração de resíduos	Diminuição de geração de resíduos: desenhos de produtos de acordo com as dimensões da matéria prima; novos produtos com utilização de outros materiais

Quadro 12. Indicadores, índices e monitoramento do PGRS

(continua)

Indicador	Índices	Forma de monitoramento
Aumento da valorização de resíduos	Percentagem de modelos de produto com desenho modificado para melhor/menor aproveitamento de resíduos	Valorização: fabricação de novos produtos, como pisos engenheirados, pisos de pequenas dimensões, mosaicos/painéis de pastilhas, briquetes, artefatos, entre outros
Valorização de resíduos	Percentagem dos resíduos são aproveitados interna ou externamente	Realização de controle/registro de tipos e quantidades de resíduos gerados e formas de destinação com aproveitamento
Qualidade dos equipamentos	Percentagem de quebras de equipamentos; aumento da percentagem de resíduos finos gerados	Realização dos procedimentos de afiação e manutenção preventiva das ferramentas e equipamentos, fazendo seu controle/registro periodicamente; realização da substituição de equipamentos quando necessário

(conclusão)

Quadro 12. Indicadores, índices e monitoramento do PGRS

A periodicidade de revisão do PGRS deverá ser feita de acordo com as normas da prefeitura local, que deverá ser responsável pelo recebimento dos planos e monitoramento da empresa, no caso das de micro e pequeno porte.

2.4 Modelo de PGRS para as indústrias de PMVA

A) Identificação do gerador de resíduos sólidos

Caracterização do solicitante do PGRS segue conforme o Quadro 13.

Razão Social	Esquadrias Artesanais LTDA - ME
CNPJ	11111111111111111111111111111111
Nome Fantasia	Esquadrias Artesanais LTDA
Endereço	Rua da Fantasia, 000
CEP	000000000
Município/UF	Piracicaba/ São Paulo
Telefone	3333-3333
Fax	
e-mail	empresa@empresa.com.br
Área ocupada pela atividade (m ²);	7.200m ²
Número total de funcionários (próprios e terceirizados)	15
Responsável legal	Fulano de Tal
Responsável técnico pelo PGRS	Mariana de Araújo Lopes
Registro Profissional do Responsável Técnico pelo PGRS	260596759-0
Tipo de atividade	Fabricação de esquadrias de madeira e de peças de madeira para instalações industriais e comerciais

Quadro 13. Identificação do gerador de resíduos sólidos

B) Classificação e quantidade de resíduos madeireiros

Conforme Resolução 275/01 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, os tipos de resíduos produzidos, se constituem em orgânicos. No Quadro 14, são especificados os tipos e as quantidades de resíduos madeireiros produzidos pela empresa anualmente.

Tipos de resíduos	Especificação	Quantidade (m³/ano)
Finos	Serragem, mavalha, cepilho, cavaco	70,00
Grossos	Pedaços de madeira/ lenha	720,00
Material de Aproveitamento	Tábuas de diversas dimensões	27,86

Quadro 14. Quantidade de cada tipo de resíduo madeireiro produzido pela Esquadrias Artesanais LTDA

C) Acondicionamento, Coleta, Transporte e Destinação Final

Abaixo, são fornecidos todos os dados sobre a destinação final dos resíduos madeireiros produzidos na Esquadrias Artesanais LTDA (Quadro 15). No PGRS deve constar nome, endereço, CNPJ, telefone/fax e comprovante dos responsáveis pela destinação final.

Tipos de resíduos	Acondicionamento	Período de coleta	Dados do Responsável pela coleta/ transporte	Local de destinação final	Dados do responsável/ local de destinação final
Orgânicos - resíduos finos de madeira	Silo	2 vezes/semana	Olaria (Inserir todos os dados da empresa e de seu responsável)	Saltinho-SP	Olaria (Inserir Nome da empresa e do responsável)
Orgânicos - resíduos grossos madeira	Galpão da empresa	Diariamente	Esquadrias Artesanais LTDA	Piracicaba-SP	Fulano de Tal/ Esquadrias Artesanais LTDA
Orgânicos – material de aproveitamento	Galpão da empresa	Diariamente	Esquadrias Artesanais LTDA	Piracicaba-SP	Fulano de Tal/ Esquadrias Artesanais LTDA

Quadro 15. Informações sobre a destinação dos resíduos madeireiros gerados na empresa

D) Educação Ambiental

Esta Unidade Geradora de Resíduos Sólidos estará trabalhando a questão da educação ambiental, conforme cronograma abaixo, visando à conscientização em relação aos procedimentos que deverão ser adotados para a efetivação do PGRS e à minimização das quantidades de resíduos madeireiros, demonstrando, assim, sua responsabilidade para com o meio ambiente, conforme o Quadro 16.

Data	Público alvo	Descrição
03/2016	Funcionários	Palestra sobre a PNRS, PMGIRS e PGRS
04/2016	Funcionários	Treinamento sobre o PGRS da empresa
05/2016	Funcionários	Treinamento sobre o novo gerenciamento de resíduos sólidos da empresa (de acordo com o PGRS, realização da capacitação dos funcionários para a correta execução de suas funções)
10/2016	Funcionários	Palestra sobre impactos relacionados ao desmatamento
10/2016	Funcionários	Resíduos de madeira e inovação em novos produtos – impactos ambientais positivos
11/2016	Clientes	Distribuição de cartilha sobre consumo de madeira e impactos

Quadro 16. Cronograma do Programa de Educação Ambiental da Esquadrias Artesanais LTDA

E) Programa de redução e valorização de resíduos

A seguir são apresentadas as técnicas e procedimentos que a empresa irá implementar, visando à redução da geração (Quadro 17).

A empresa se compromete a adotar as seguintes ações para valorização de seus resíduos madeireiros, conforme Quadro 18.

Tipo de resíduo	Ações para redução de geração de resíduos de madeira	Data de implementação das ações/ frequência	Indicadores de monitoramento	Periodicidade de monitoramento
Orgânicos- Resíduos finos de madeira	Utilização de um programa de manutenção de equipamentos	A partir de abril de 2016/ semanalmente	Equipamentos com afiação adequada	Semanalmente
Orgânicos- Resíduos finos de madeira	Adoção de critérios dimensionais e de incidência de defeitos da matéria-prima junto ao fornecedor	A partir de abril de 2016/ semanalmente	Matéria prima recebida dimensões adequadas;	A cada compra e no romaneio
Orgânicos- Resíduos grossos madeira	Adequação da estufa de secagem; programa de secagem de acordo com a espécie	A partir de maio de 2016	Estufa funcionando adequadamente, programa de secagem sendo utilizado; umidade adequada da madeira (11-14%); diminuição de ocorrência de defeitos relacionados a secagem	A cada procedimento de secagem
Orgânicos- Resíduos grossos madeira	Capacitação dos operadores; adequar armazenamento	A partir de junho de 2016/ bimestralmente	Armazenamento adequado, empilhamento realizado corretamente	Semanalmente
Orgânicos- Resíduos grossos madeira	Adoção de critérios dimensionais e de incidência de defeitos da matéria-prima junto ao fornecedor	A partir de abril de 2016	Defeitos e dimensões das tábuas de acordo com o tolerado em norma técnica;	A cada compra e no romaneio
Orgânicos – material de aproveitamento	Adoção de critérios dimensionais e de incidência de defeitos da matéria-prima junto ao fornecedor	A partir de abril de 2016	Defeitos e dimensões das tábuas de acordo com o tolerado em norma técnica;	A cada compra e no romaneio

Quadro 17. Ações para redução de geração de resíduos de madeira e monitoramento

Tipo de resíduo	Ações para valorização de resíduos de madeira	Local de aproveitamento	Data de implementação das ações	Indicadores de monitoramento	Periodicidade de monitoramento
Orgânicos- Resíduos grossos madeira	Queima para secagem de madeira, maior utilização como material de aproveitamento	Interno	A partir de abril de 2016	Utilização para queima na estufa de secagem, aumento da quantidade de material de aproveitamento disponível	Semanalmente
Orgânicos- Resíduos grossos madeira	Novos produtos compostos de pequenos pedaços colados, mesinhas, bio joias	Externo	A partir de abril de 2016	Registros de venda ou doação de material para produção desses novos produtos	Mensalmente
Orgânicos- Resíduos finos de madeira	Geração de energia	Interno	A partir de maio de 2016	Porcentagem de resíduos finos aproveitados para geração de energia para secagem de madeira	Mensalmente
Orgânicos- Resíduos finos de madeira	Venda da serragem para pet shops, compostagem, doação ou venda para jardins e hortas municipais	Externo	A partir de maio de 2016	Registros de venda ou doação de material para produção desses novas formas de utilização	Mensalmente
Orgânicos – material de aproveitamento	Aproveitamento em novos produtos	Interno	A partir de junho de 2016	Registros de venda dos novos tipos de produto fabricados com este material	Mensalmente
Orgânicos – material de aproveitamento	Venda para marcenarias	Externo	A partir de abril de 2016	Registros de venda ou doação de material para produção desses novas formas de utilização	Mensalmente

Quadro 18. Ações para valorização de resíduos de madeira e monitoramento

Declaro, sob as penas da lei, que as informações prestadas acima são verdadeiras.
Data: 14/03/2016

Assinatura do Responsável Legal

Assinatura do Responsável Técnico

Assinatura do Responsável pelo PGRS

3 CONCLUSÕES

Os resultados do estudo de caso mostraram que os resíduos madeireiros numa pequena indústria de PMVA são compostos por materiais com diferentes granulometrias: resíduos finos - cavaco, maravalha, serragem e pó de lixadeira; e material de aproveitamento, aparas, pontas e componentes abaixo dos critérios mínimos de qualidade de cada produto. São classificados pela PNRS quanto à origem, como resíduos industriais e, quanto à periculosidade, pela NBR 10.004/2004, como classe II- A, não perigosos, pois neste caso, não apresentaram contaminação por vernizes, tintas, colas ou outras substâncias. São materiais não inertes, devido terem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

O volume de resíduos gerado variou para os diferentes produtos. No caso das portas, 58,85% eram finos, 28,17% material de aproveitamento e 12,96% resíduos grossos; na fabricação dos batentes, 56,32% eram resíduos finos, 24,68% resíduos grossos e 19,94% material de aproveitamento; para as guarnições, 49,13% foram resíduos finos, 47,05% material de aproveitamento e 4,22% resíduos grossos; na fabricação de decks, 66,41% foram resíduos finos, 30,76% material de aproveitamento e 2,83% resíduos grossos e para assoalhos, 99,89% dos resíduos gerados eram finos e menos de 0,24%, resíduos grossos.

As causas de geração dos resíduos estavam relacionados à falta de modulação entre a matéria prima e o desenho dos produtos; falta de manutenção preventiva e afiação de equipamentos; baixa qualidade da matéria prima e secagem inadequada da madeira, o que resultou, principalmente, em grande incidência de defeitos e grande volume de resíduos no processamento mecânico; entre outros.

Os pontos mais críticos, onde se observou maior geração de resíduos de madeira na fabricação de portas se deu nos cortes para ajuste da largura dos componentes em relação as pranchas (serra circular) e no aplainamento na plaina desengrossadeira, para ajuste da espessura; para as guarnições foi no corte da largura (serra circular); para os decks, na operação de fresamento (moldureira); para os assoalhos, a utilização de uma respigadeira ao invés da moldureira para o fresamento, o que gerou uma quantidade muito maior de resíduos finos; já para os batentes, ocorreram na desengrossadeira e destopadeira.

Utilizando Diagramas de Árvore, foram identificadas ações prioritárias para as indústrias do setor, como o estabelecimento de critérios dimensionais e de qualidade para a compra da madeira; adoção de programa de secagem; capacitação dos funcionários; inclusão de requisitos ambientais no desenho dos produtos seriados e sob encomenda, entre outras.

Verificou-se que o modelo atual de gerenciamento de resíduos da empresa estudada valorizava os resíduos gerados (para secagem da madeira, produção de novos produtos e queima em olaria), mas faltavam ações para a sustentabilidade através do aumento da eficiência no uso da matéria-prima, visando à redução de geração de resíduos. Observaram-se ações esporádicas para valorização dos resíduos (utilização do material de aproveitamento para fabricação de outros produtos) o que é prioridade na PNRS, representando melhor resultado econômico e ambiental para a empresa. Mas que representava um problema devido a falta de frequência de sua utilização, ocupando espaço por longo tempo, muitas vezes sendo destinado para queima em estufa, para liberação da área de armazenamento.

Foi identificado potencial de maior valorização dos resíduos grossos, devido a suas características dimensionais e qualidade, para fabricação de produtos, tal como é feito com o material de aproveitamento.

O modelo de PGRS estruturou de forma simples e embasada nas diretrizes da PNRS, ações prioritárias para a redução de geração, maior valorização na destinação dos resíduos, sendo uma contribuição para as empresas do setor de produtos acabados de madeira maciça, elaborarem seus PGRS buscando realizar ações para maior sustentabilidade no uso da madeira.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.B.; MENDES, L.M.; SILVA, J.R.M. Aproveitamento de resíduos de painéis de madeira gerados pela indústria moveleira na produção de pequenos objetos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 171-177, 2009.
- ANGELO, H.; SILVA, G.F.; SILVA, V.S.M. Análise econômica da indústria de madeiras tropicais: o caso do pólo de Sinop-MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 91-101, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2009**: ano base 2008. Curitiba, 2009. 43 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12988:1993**: Líquido livre –Verificação em amostras – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1993. 2 p.
- _____. **NBR 10004:2004** - Resíduos Sólidos- Classificação. Rio de Janeiro, 2004a. 71 p.
- _____. **NBR 10007:2004** – Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004b. 21 p.
- _____. **NBR 10006:2004** – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004c. 3 p.
- _____. **NBR ISO 4470**: Madeira serrada - Determinação de teor de umidade média de um lote. Rio de Janeiro, 2011. 3 p.
- APA - AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020 (PNGR)**. Lisboa: APA, 2011. 129 p. Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em: < <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84> >. Acesso em: 10 abr. 2014.
- AZEVEDO, P.S. **Estratégias e requisitos ambientais no processo de desenvolvimento de produtos na indústria de móvel sob encomenda**. 2009. 143 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- AZEVEDO, P.S.; NOLASCO, A.M. Requisitos ambientais no processo de desenvolvimento de produtos em indústrias de móveis sob encomenda. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEAR PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4b/1/P.%20A.%20Azevedo%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2015.
- BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL, E.; UHL, C. **Custos e benefícios do manejo florestal para produção de madeira na Amazônia Oriental**. Belém: Imazon, 1998. 40 p. (Série Amazônia, 10).
- BIASI, C.P.; ROCHA, M.P. Rendimento em madeira serrada e quantificação para três espécies tropicais. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 1, p. 95–108, 2007.

BUNDESMINISTERIUM. **Waste wood ordinance**. 2003. Disponível em: <<http://www.bmub.bund.de/en/topics/water-waste-soil/waste-management/types-of-waste-waste-flows/waste-wood/>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B**, New Jersey, v. 26, n. 2, p. 211–252, 1964.

BRAND, M.A.; MUÑIZ, G.I.B.; SILVA, D.A.; KLOCK, U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serrarias através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 247-259, 2002.

BRASIL. Casa Civil. **Lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006**. Brasília: Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp123.htm>. Acesso em: 29 out. 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2011. 256 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/guia_elaborao_plano_de_gesto_d_e_resduos_rev_29nov11_125.pdf>. Acesse em: 27 set. 2015.

_____. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 25 maio 2014.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva de madeira**. Brasília: IICA; MAPA, SPA, 2007. 84 p.

_____. Serviço Florestal Brasileiro. **Produção florestal**. 2014. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao>>. Acesso em: 15 out. 2015.

CAMPOS, E. F. **Emissão de CO² da madeira serrada na Amazônia: o caso da exploração convencional**. 2012. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CASSILHA, A.C.; PODLASEK, C.L.; SILVA, M.C.; MENGATTO, S.N.F. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação e Tecnologia**. Curitiba, n. 8, p. 1-22, 2011.

CIRIBELI, J.P.; FERNANDES, G.M. A destinação dos resíduos sólidos industriais da madeireira S/A. **Revista Gestão Empresarial**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 1-16, 2012.

COBASI. **Serragem Atóxica Pet Bed 600g Cinoteck**. Disponível em: <<http://www.cobasi.com.br/serragem>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT**. Descripción de características generales, macroscópicas y microscópicas de La madera angiosperma: dicotiledoneas. La Paz, 1974. v. 30.19 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Licenciamento ambiental**. 2015. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 15 set. 2015.

CORONEL, D.A.; LAGO, A.; LENGLER, L.; SILVA, T.N.D. O aproveitamento dos resíduos do setor florestal de Lages-Santa Catarina. In: CONGRESSO DA SOBER "CONHECIMENTOS PARA AGRICULTURA DO FUTURO", 45., 2007. **Anais...** Londrina: SOBER, 2007. 15 p.

DOG LOJA. **Maravalha prensada Mr Pet hamster 1kg**. Disponível em:<<http://www.dogloja.com.br/maravalha-prensada-mr-pet-hamster-1-kg/p>. Acesso em: 11 mar. 2016.

DONNELEY, R.G. The family business. **Harvard Business Review**, Harvard, v. 42, n. 4, p. 93-105, 1964.

DUTRA, R.I.J.P.; NASCIMENTO, S.M.; NUMAZAWA, S. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, n. 5, p. 1–19, 2005

FARAGE, R.M.P.; SILVA, A.A.P.; NUNES, W.G.; CARNEIRO, A.D.C.O.; VIEIRA, D.B.; RODRIGUES, C.L.S. Avaliação do potencial de aproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados gerados em fábricas do pólo moveleiro de Ubá-MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 203-212, 2013.

FARIAS, M.G.; LANGER, R.R.; SILVA, A. **Ecodesign e produção mais limpa**: inovação em produto no APL madeira móveis. Florianópolis: UFSC, 2008. 13 p.

FREITAS, L.C. **A baixa produtividade e o desperdício no processo de beneficiamento da madeireira**: um estudo de caso. 2000. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

GERWING, J.; VIDAL, E.; VERISSIMO, A.; UHL, C. **Rendimento no processamento de madeira no Estado do Pará**. Belém: Imazon, 2001. 38 p. (Série Amazônia, 18).

GIACOMET, D.L. **Avaliação do desempenho ambiental do processo produtivo de uma indústria madeireira**. 2008. 104 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GODOY, M.B.R.B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 39, p. 1-12, 2013.

GOMES, E.R.; STEINBRUCK, M.A. Oportunidades e dilemas do tratamento dos resíduos à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n. 12.305/2010). **Confluências**, Niterói, v. 14, n. 1. p. 100-114, 2012.

GORINI, A.P.F. **Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competitividade externa a partir do desenvolvimento da cadeia industrial de produtos sólidos de madeira**. Rio de Janeiro: BNDES, 1998. 43 p. (BNDES Setorial, 8).

GOUVÊA, A.F.G. **Produção de briquete a partir da lignina Kraft com resíduos da indústria moveleira**. 2012. 101 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

GUERRA, S.; AVZARADEL, P.C.S. **Responsabilidade socioambiental e direito: explorando conectividades e as perspectivas a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. **Revista de Direito da UNIGRANRIO**, Duque de Caxias, v. 6, n. 1, p.1-29, 2013.

GUIMARÃES, J.C.F.; SEVERO, E.A.; COUTINHO, C.V.S.; DORION, E. Inovação em processo e produção mais limpa: o caso de uma indústria do polo moveleiro da serra gaúcha. In FORUM DOCENTE, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/65-237-1-PB.pdf>. Acesso em: 27 set. 2015.

HERBST, E. **Diagnose da gestão de resíduos sólidos no setor moveleiro da RMC e contribuições para o projeto central de resíduos**. 2011. 133 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

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

HILLIG, E.; SCHNEIDER, V.E.; WEBER, C.; TECCHIO, R.D. Resíduos de Madeira da indústria madeireira: caracterização e aproveitamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABREPO, 2006. p. 1-7.

INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA. **A cidade**. 2015. Disponível em: <<http://ipplap.com.br/site/a-cidade/informacoes-gerais/>>. Acesso em: 11 de out. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Prospectiva tecnológica da cadeia produtiva madeira e móveis**. São Paulo, 2002. 65 p.

JACOBI, P.R.; BESEN, G.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

KAPPEL, L.B.; VALADÃO JUNIOR, V.M. O impacto das ações governamentais nas práticas de responsabilidade socioambientais das empresas. **Administração de Empresas em Revista**, Curitiba, v. 11, n. 12, p. 227-247, 2012.

KOCH, M.R. **Gestão de resíduos sólidos de uma indústria de aglomerados e moveleira: um olhar para a sustentabilidade**. 2012. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade pública dos Vales, Lageado, 2012.

LEÃO, R.A. **Avaliação e otimização do traçamento de madeira tropical: estudo de caso no estado do Amazonas**. 2012. 63 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LEITE, P.P.S.; PIMENTA, H.C.D. Benefícios ambientais e econômicos provenientes da implementação da produção mais limpa em uma indústria de móveis de Natal-RN. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p. 1-22, 2011.

LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: Imazon, 2005. 140 p.

LIMA, E.G.; SILVA, D.A. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no pólo moveleiro de Arapongas PR. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 105-116, 2005.

MACEDO, M.A.; SELIG, P.M.; CASAROTTO FILHO, N.; CAMILLO, M.G.D. Identificação e classificação dos custos ambientais na indústria moveleira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: a Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos, 23., 2013, Salvador. **Anais...** São Paulo: ABEPRO, 2013. 14 p.

MAFESSONI, D. **Análise da situação ambiental das indústrias do pólo moveleiro de Bento Gonçalves**. 2012. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MAGRI, C.; DAMIATI, D. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios e oportunidades para as empresas**. São Paulo: Instituto Ethos, 2012. 66 p.

MARTINS, V.A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: LPF, 1988. 52 p.

MASSOTE, C.H.R. **Implementação da metodologia da produção mais limpa em uma indústria moveleira da região metropolitana de Belo Horizonte**. 2010. 201 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

MATSUNAGA, A.T. **Análise econômica da cadeia produtiva da madeira oriunda de plano de manejo florestal: estudo de caso**. 2005. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

MELO, L.E.L.; SOARES, W.F.; MACEDO, G.; FIGUEIREDO, M.F. Estudo de caso dos resíduos sólidos gerados em uma empresa madeireira em Belém-PA. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12, 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: EBRAMEM, 2010. 6 p.

MENDES, A.S.; MARTINS, V.A.; MARQUES, M.H.B. **Programas de secagem para madeiras brasileiras**. Brasília: IBAMA, 1998. 114 p.

MF RURAL. **Anúncios de maravalha**. Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=maravalha&estado=sao-paulo>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

NAHUZ, M.A.R. Atividades industriais com madeira de pinus: atualidades e desafios. Apresentado no “Congresso Internacional do Pinus”. **Revista da Madeira**, Joinville, ed. esp., p. 30–36, 2004.

NOLASCO, A. **Resíduos na colheita e beneficiamento da caixeta – *Tabebuia cassionoides* (Lam.) DC.**: caracterização e perspectivas. 2000. 171 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

NOLASCO, A.M.; RODRIGUES, M.M. Economia criativa e aproveitamento de resíduos: um estudo de caso em uma indústria de pisos de madeira. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2015, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Venturi, 2015. 9 p.

NOLASCO, A.M.; ULIANA, L.R. **Gerenciamento de resíduos na indústria de pisos de madeira.** Piracicaba: ANPM, 2014. 40 p.

NOLASCO, A.M.; ULIANA, L.R.; CERCA, M. **Gerenciamento de resíduos nas indústrias de piso de madeira.** Piracicaba: Curso Técnico ANPM, 2013. 42 p.

OLIVEIRA, S.L. **Tratado de metodologia científica.** São Paulo: Pioneira, 1997. 30 p.

ORIBE, C.Y. Diagrama de árvore: a ferramenta para os tempos atuais. **Banas Qualidade**, São Paulo, v. 13, n.142, p. 78-82, 2004.

PET LOVE. **Serragem Maravalha para Hamster Solta - Mr Pet.** Disponível em:<<https://www.petlove.com.br/serragem-maravalha-para-hamster-solta---mr-pet-1024379/p>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

PET VIRTUAL. **Serragem para Hamster Prensada 800 g.** Disponível em:<<http://www.petvirtual.com.br/serragem-para-hamster-prensada-02237/p>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

PIRACICABA. Prefeitura Municipal. **Revisão do plano de gestão integrada de resíduos sólidos de Piracicaba – São Paulo.** vol 1. Gabriel Ferrato dos Santos. Piracicaba: Prefeitura Municipal, 2014. 187p.

PIRES, V.A.V.; LOPES, M.L.; SILVA, C.M.; REZEDNE, A.A.P.; CORDEIRO, S.A.; JACOVINE, L.A.G.; SOARES, N.S. Viabilidade econômica de implantação da central de gerenciamento de resíduos no pólo moveleiro de Ubá - MG. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 295-303, 2008.

PIGOZZO, A.F. **Modelo de gestão da qualidade para que pequenas e médias empresas, do setor moveleiro, possam desenvolver meios para atender os critérios de excelência requeridos às empresas que pretendem exportar.** 2012. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

PRADO, L.L.; LORENZO, H.C. A questão socioambiental nas empresas moveleiras do Pólo de Votuporanga-SP. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 27-51, 2011.

PROGRAMA NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **A produção mais limpa e o consumo sustentável na América Latina e Caribe.** São Paulo: CETESB; PNUMA, 2005. 118 p.

SANTANA, A.C. Análise da competitividade sistêmica da indústria de madeira no Estado do Pará. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, n. 10, p. 205-230, 2003.

SANTOS, J. A. Sustentabilidade nos materiais e na construção: o cluster da madeira. In: SEMINÁRIO APMC-CONCRETA, 2011, Porto. **Anais...** Porto: APMC, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/1579>>. Acesso em: 20 set. 2015.

SANTOS, M.E. **Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos em indústrias de extração e transformação de madeiras localizadas na Amazônia mato-grossense**. 2011. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

SÃO PAULO. **Plano de resíduos sólidos do Estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente. 1.ed. 350 p.: il. Coordenadoria de Planejamento Ambiental, CETESB; Autores André Luiz Fernandes Simas ... [et al.] ; Organizadores André Luiz Fernandes Simas, Zuleica Maria de Lisboa Perez. – São Paulo : SMA, 2014. 350 p.

SCHIRMER, W.N.; GAUER, M.A.; HILLIG, E.; BARTIKO, D. Desempenho ambiental em indústrias de base florestal: estudo de caso na região centro-sul do Paraná. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 6, n. 3, p. 100-114, 2010.

SCHNEIDER, V.E., HILIG, E., PAVONI, E.T., RIZZON, M.R.; BERTOLOTTO, L.A. Gerenciamento ambiental na indústria moveleira—estudo de caso no município de Bento Gonçalves. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2003. p. 1-7.

SCHOLZ, I. Manejo de recursos naturais e capacidade de inovação empresarial: o caso da indústria madeireira do Pará (1960-1997). **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 3, n. 1, p. 63-99, 2000.

SERVIÇO DE APOIO A MICROEMPRESA. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa**. 6. ed. Brasília: SEBRAE; DIEESE, 2013. 284 p.

SILVA, M.C.; CHAVES, L.I.; CORRÊA, R.O.; FUJITA, C. Breve panorama da indústria moveleira: mercado, tecnologia e meio ambiente. **Revista Educação e Tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 235-245, 2001.

SOARES, P.R.C. **Indicadores críticos da manufatura de madeira maciça**. 2009. 112 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SOARES, P.R.; MILAN, M.; JANKOWSKY, I.P.; KANIESKI, M.R.; TIMOFEICZYK J, R. Avaliação dos pontos críticos na manufatura de pisos de madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95 p. 407-415, 2012.

SOUZA, B.C.C. Gestão da mudança e da inovação: árvore de problemas como ferramenta para avaliação do impacto da mudança. **Revista de Ciências Gerenciais**, Valparaíso, v. 114, n. 19, p. 89-106, 2010.

TEIXEIRA, M.G. **Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira.** 2005. 159 p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

ULIANA, L.R. **Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis: subsídios para a gestão empresarial.** 2005. 101 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

UNIDO – UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Guidance manual: how to establish and operate cleaner production centers.** Paris: UNEP, 1995. 205 p.

VALE, A.T. do; SABLowski, A.R.M. Fluxo de energia e de massa na análise de eficiência da linha de produção de uma serraria de pequeno porte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 213-223, 2006.

VENZKE, C.A. **Situação do ecodesign em empresas moveleiras da região de Bento Gonçalves-RS: análise das posturas e práticas ambientais.** 2002. 125p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

VIDAL, E.; GERWING, J.; BARRETO, P.; AMARAL, P.; JOHNS, J. **Redução de desperdícios na produção de madeira na Amazônia.** Belém: IMAZON, 1997. 20 p. (Série Amazônia, 5).

WOOLMAN, T.; VESHAGH, A. **Designing support for manufacturing SMEs approaching ecodesign and cleaner production: learning from UK survey results.** Leuven: CIRP, 2006. Disponível em: <<http://www.mech.kuleuven.be/lce2006/153.pdf>> Acesso em: 25 set. 2015.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5 ed.: São Paulo: Bookman, 2001. 205 p.

ZOLDAN, M.A.; LIMA, C.A.P.A. A classificação sustentável dos resíduos madeireiros otimizando os processos-estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Rio de Janeiro. **Desenvolvimento sustentável e responsabilidade social: as contribuições da engenharia de produção.** Bento Gonçalves; Rio de Janeiro: ABEPRO, 2012. 8 p.

ZENID, G. J.; CECCANTINI G. C. T. **Identificação macroscópica de madeiras.** Laboratório de Madeira e Produtos Florestais. São Paulo: IPT, 2007.23p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

GOMES, P.W.S.; SANTANA, A.C.; OLIVEIRA, F.A.; MAGALHÃES, M.A.D. Análise sistêmica do Arranjo Produtivo Local (APL) de móveis de Santarém, estado do Pará. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 16, n. 34, p. 86-122, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Informações sobre madeiras**. Disponível em:< http://www.ipt.br/informacoes_madeiras2.php>. Acesso em: 20 ago. 2015.

LIMA, E.G.; SILVA, D.A. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no polo moveleiro de Arapongas PR. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 105-116, 2005.

LENTINI, M.W.; GOMES, P.C.; SOBRAL, L. **Acertando o alvo 3**. Piracicaba: Imaflora, 2012. 73 p.

MEIRA, A.M. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. 2010. 179 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ANEXOS

Anexo A

Questionário base das entrevistas gestores e gerente de produção

1. Como é a estrutura que a empresa possui? Qual a área?
2. A empresa já teve problemas com os órgãos ambientais? Quais tipos? Como foram resolvidos?
3. Qual a procedência da madeira? Quem são os fornecedores? Qual origem? A madeira é certificada? Quais os critérios de aquisição da madeira? Quais são os procedimentos realizados no recebimento da madeira? Quais são os preços?
4. Quais espécies? Quais quantidades? Qual volume médio consumido? Quais produtos são fabricados com cada espécie?
5. Quais são os custos de secagem da madeira?
6. Qual é a capacidade da estufa? Quais são os programas de secagem utilizados?
7. Como é desenvolvido o desenho de produto?
8. São utilizadas normas técnicas? Quais?
9. Qual é o sistema de produção adotado? Em série? Sob encomenda? Qual mercado que atende?
10. Qual a capacidade de produção? Como é realizado o planejamento do estoque e produção?
11. Qual são os investimentos em leiaute e equipamentos?
12. Quais são os investimentos em desenvolvimento de produto?
13. Como são os investimentos em capacitação de funcionários?
14. Quais ações ambientais a empresa realiza?
15. Quais são as características do atendimento pós venda?
16. É realizado registro/controle de defeitos, fatores geradores e perdas dos produtos e da matéria-prima?
17. Quais são as formas de destinação/ tratamento e valorização dos resíduos madeireiros?
18. Os resíduos são comercializados? Para qual finalidade? Qual o retorno econômico com a comercialização?
19. Por favor, comente sobre a disponibilidade de mão de obra e suas características.
20. Quais são as ações realizadas em relação à segurança dos funcionários?
21. Existem problemas de afastamento dos funcionários devido a acidentes de trabalho? Qual é a frequência?

22. Acredita que os funcionários estão com boa satisfação/motivação em relação às condições de trabalho?
23. Como é realizada a manutenção de equipamentos (responsáveis, periodicidade)?
24. Quais são os investimentos em maquinário?

Anexo B

Questionário base das entrevistas com os operadores da marcenaria (marceneiros e ajudantes)

1. Qual sua idade? Cidade de origem?
2. Qual sua escolaridade? Realizou cursos profissionalizantes? Quais?
3. Como aprendeu sua função na marcenaria?
4. Qual sua experiência profissional? Por quanto tempo? Em quais locais você trabalhou?
Há quanto tempo está nesta empresa e quais funções? Por quanto tempo?
5. Quais operações você realiza? Como são os procedimentos operacionais que realiza?
Quais são os produtos você fabrica?
6. Quais atitudes você pode ter no seu trabalho que seja positiva para o meio ambiente?
7. Quais são os tipos de resíduos gerados? Quais são os impactos ambientais de sua geração?
8. O que é feito com os resíduos? Há controle/registro da geração de resíduos?
9. Quais as alternativas que visualiza para maior valorização dos resíduos de madeira?
10. Como você avalia e seleciona a qualidade da matéria-prima que a empresa utiliza?
11. Quais os tipos defeitos na matéria-prima? Por que acredita que ocorrem esses defeitos?
12. Você está satisfeito com o trabalho e com a empresa? Por quê? Quais melhorias você indicaria para ficar mais contente com seu trabalho?
13. Quais os problemas de segurança no seu trabalho?
14. Há controle/registro de retrabalho? Quais são os motivos para retrabalho? Quais são os produtos que mais geram retrabalho? Por quê?
15. O que você faz quando encontra problemas na empresa? Como são resolvidos os problemas?