

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

**Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis:
subsídios para a gestão empresarial**

Lis Rodrigues Uliana

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Recursos Florestais, com opção em
Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2005

Lis Rodrigues Uliana
Engenheiro Florestal

**Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis: subsídios para a
gestão empresarial**

Orientadora:
Prof.^a. Dr.^a. **ADRIANA MARIA NOLASCO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Recursos Florestais, com opção em
Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2005**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Uliana, Lis Rodrigues

Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis: subsídios para a gestão empresarial. - - Piracicaba, 2005.
101p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

1. Administração de empresa 2. Certificação florestal 3. Madeira 4. Mobiliário 5. Processo de fabricação 6. Programação linear 7. Resíduo industrial I. Título

CDD 628.4

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

Dedicar a alguém é demonstrar, reconhecer que eles também ajudaram de alguma maneira. Dedico aos meus pais, Antonio Carlos e Vera Lis e às minhas irmãs, Ana e Maíra, com muito amor e aos quais muito devo.

**(...) Pois de tudo fica um pouco.
Fica um pouco de teu queixo
no queixo de tua filha.
De teu áspero silêncio
um pouco ficou, um pouco
nos muros zangados,
nas folhas, mudas, que sobem.**

**Ficou um pouco de tudo
no pires de porcelana,
dragão partido, flor branca,
ficou um pouco
de ruga na vossa testa,
retrato.**

(...) E de tudo fica um pouco.

(Resíduo)

Carlos Drummond de Andrade

Agradecimentos

A Deus e ao auxílio espiritual recebido durante toda a minha vida.

À Escola Superior de “Agricultura Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Ciências Florestais pela acolhida.

À minha querida orientadora a prof^a Dr^a Adriana Maria Nolasco, pela orientação, pelo imenso trabalho e pela amizade.

Ao prof. Dr. José Vicente Caixeta Filho pela grande colaboração e pelas valiosas orientações.

Ao prof. Dr. José Nivaldo Garcia pelas colaborações.

Aos profs. Drs. Mário Tomazello Filho e Ivaldo Pontes Jankowsky, à prof^a Dr^a Sônia M. Stefano Piedade e ao pesquisador do IPT Geraldo Zenid pelo auxílio e pelas contribuições.

Ao prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves, pelo material bibliográfico.

Ao Prof. Dr. Breno Leite, meu orientador de iniciação científica na graduação e um exemplo de pesquisador, pelos riquíssimos ensinamentos.

Aos proprietários da empresa onde se realizou a pesquisa e meus pais adotivos Thais e Marcos Markevich pela imensa colaboração para a realização do trabalho, pelo carinho e pela acolhida, sem o suporte deles a pesquisa seria muito difícil de ser concretizada.

Aos funcionários da empresa Seu Luis de Praia Grande, Beto, Roque, Tanguinha, Paulo, Felipe, Alexandre e Seu Luis de Sorocaba pela imensa colaboração e boa vontade durante a coleta de dados.

À empresa Tropic-art e seus funcionários pela colaboração.

À técnica do laboratório Maria pelos cortes de macroscopia.

Aos funcionários José Martins, Catarina, Marcelo, Evandro e Ricardo pela colaboração.

À Ana Schilling pela ajuda na parte estatística.

Aos meus pais Antonio Carlos e Vera Lis por toda dedicação e afeto; pelo incomensurável apoio e por participarem das alegrias e das tristezas, das reclamações e das comemorações, sempre com muito carinho e paciência.

Às minhas queridas irmãs que muito me auxiliaram e sempre puderam me ouvir e me aconselhar, por serem sempre amigas e companheiras.

À minha estimada avó Vânia que me passou valiosos ensinamentos que me acompanharam por toda a vida.

À Tere, uma pessoa especial e muito amiga, pelo imenso carinho e que muito contribuiu.

Ao meu amigo Humberto Zeraib, que se disponibilizou a me ajudar em um momento muito importante.

À minha querida amiga a Engenheira Florestal Mariângela Kazan, pelo companheirismo, paciência e com quem dividi as aflições e os momentos de êxito durante o mestrado.

Ao Guilherme pelo imenso carinho e paciência, pelo companheirismo e por seus valiosos ensinamentos.

Ao meu tio Kiko e ao meu pai que possibilitaram a finalização do trabalho fornecendo a madeira necessária para o término da coleta de dados.

Aos amigos de laboratório a Desenhista Industrial Camila Doubek e o Engenheiro Florestal Alex Cazzonato pela paciência, momentos de descontração e apoio durante a realização do trabalho.

Às amigas, as Engenheiras Florestais Juliana Viana e Daruska Cardin, que apesar de estarem distantes, sempre estiveram presentes com seus valiosos conselhos.

À Engenheira Florestal Samantha Paiva pela amizade, pelo companheirismo e pelo apoio.

À Desenhista Industrial Patrícia Azevedo pela prancha das cadeiras.

À Clara Correia, a mascote do trabalho, que teve paciência e muito me ajudou em momentos de lazer.

Gostaria de fazer um agradecimento especial ao meu pai, por acreditar em mim, pela enorme paciência, pelo grande carinho e pelo imenso incentivo.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq pelo financiamento do projeto de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa concedida.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 Objetivos.....	15
2 DESENVOLVIMENTO.....	16
2.1 Revisão bibliográfica.....	16
2.1.1 A indústria moveleira e a certificação.....	16
2.1.2 A certificação florestal.....	19
2.1.3 Gestão de resíduos na indústria de base florestal.....	23
2.1.4 Defeitos da madeira e sua implicação na geração de resíduos.....	28
2.1.5 A técnica da programação linear e suas aplicações.....	30
2.2 Material e métodos.....	34
2.2.1 Local de estudo.....	34
2.2.2 Caracterização da indústria.....	35
2.2.3 Fluxograma da produção.....	35
2.2.4 Classificação dos resíduos.....	36
2.2.5 Identificação dos resíduos e dos fatores geradores.....	37
2.2.6 Análise estatística.....	38
2.2.6.1 Amostragem.....	38
2.2.6.2 Estatística experimental.....	39
2.2.7 Quantificação dos resíduos.....	40
2.2.8 Avaliação da madeira.....	42
2.2.9 A técnica da programação linear.....	43
2.2.9.1 Descrição do problema.....	43
2.2.9.2 Modelo conceitual estabelecido.....	43
2.2.9.3 Especificação do modelo.....	44
2.2.9.3.1 Cenário 1.....	44

2.2.9.3.2 Cenário 2.....	46
2.3 Resultados e discussão.....	48
2.3.1 Caracterização da indústria.....	48
2.3.2 Fluxograma da produção.....	50
2.3.3 Identificação e classificação dos resíduos e dos fatores geradores.....	56
2.3.3.1 Qualidade da matéria-prima.....	59
2.3.3.2 Equipamentos e processos de produção.....	66
2.3.3.3 Mão-de-obra.....	67
2.3.4 Quantificação dos resíduos.....	68
2.3.5 A técnica da programação linear.....	82
2.3.5.1 Cenário 1.....	82
2.3.5.2 Cenário 2.....	84
2.3.6 Subsídios para a gestão empresarial.....	85
3 CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS.....	93
GLOSSÁRIO.....	100

RESUMO

Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis: subsídios para a gestão empresarial

Este estudo tratou do diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis de madeira certificada e não certificada, visando a disponibilização de subsídios para tomada de decisão quanto à gestão ambiental e econômica da empresa. Foi um estudo de caso realizado em uma indústria representativa das empresas moveleiras que utilizam, além de espécies exóticas certificadas, madeira nativa certificada como matéria-prima, localizada no município de Praia Grande, SP. Avaliou-se o rendimento de produção de 2 modelos de cadeiras, produzidos com madeira de sucupira certificada e com madeira de sucupira não certificada. Identificaram-se os tipos de resíduos, os fatores geradores e os pontos críticos de geração. A técnica de programação linear foi aplicada no desenvolvimento de dois cenários, considerando a maximização do lucro e a minimização da geração de resíduos. Houve diferença significativa nos resultados em função do tipo de madeira, do modelo de cadeira e da interação tipo de madeira/modelo de cadeira. A menor geração de resíduo foi obtida no processamento da madeira não certificada, no modelo com braço (Produto 3). A ferramenta de programação linear, para o cenário 1 (maximização do lucro) forneceu um lucro mensal de R\$ 22.209,16 (US\$ 8.444,55), com a produção de 24 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos com braço (Produto 1), 36 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 2), 24 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos com braço (Produto 3) e 28 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 4). Para o cenário 2 (minimização da geração de resíduos) houve uma geração mensal de resíduos de 1,52 m³, com a produção de 24 peças do Produto 1, 21 peças do Produto 2 e 22 peças do Produto 3. Considerando a situação atual, é inviável para a empresa a produção apenas de móveis de madeira certificada. Para que isso seja viável, são fundamentais algumas ações como: maior oferta de madeira certificada, com menor preço; melhoria de qualidade da matéria-prima certificada e aplicação por parte da empresa de critérios de controle de qualidade na aquisição; desenvolvimento de produtos que levem em consideração as características e propriedades da madeira, reduzindo a geração de resíduos; investimento em capacitação de mão-de-obra e equipamentos.

Palavras-chave: madeira, resíduo, movelaria, programação linear, rendimento, processamento mecânico.

ABSTRACT

Residue generation diagnosis on furniture production: subsidies for enterprise management

The purpose of this study was to identify the residues generation in certified and non-certified wooden furniture production aiming the availability of subsidies for decision making in relation to the company's environment management and economics. This case study was conducted in a furniture industry located in the city of Praia Grande-SP, which represents its industry sector on using not just certified exotic species but certified native wood as raw material. The efficiency on production was evaluated for two types of chairs produced with certified wood of sucupira and non-certified wood of sucupira. The generated types of residues, factors, and the critical points of generation were identified. The method of linear programming was applied to the development of two scenes by considering both the profit maximization and the residues generation minimization. Significant differences were found for the results related to wooden type, chair model, and the interaction between types of wood/model of chair. The smallest residue generation was obtained on the processing of non-certified wood, in the model with arm (Product 3). The linear programming tool for scene 1 (profit maximization) delivered a monthly income of R\$ 22,209.16 (US\$ 8,444.55) for the production of 24 chairs made up with certified wood of the brand Ethos model with arm (Product 1); 36 chairs made up with certified wood of the brand Ethos model without arm (Product 2); 24 chairs made up with non-certified wood of the brand Ethos model with arm (Product 3); and 28 chairs made up with non-certified wood of the brand Ethos model without arm (Product 4). The scene 2 (residues generation minimization) output was a monthly generation of 1,52 m³ of residues, with the production of 24 parts of Product 1, 21 parts of the Product 2, and 22 parts of Product 3. Considering the current situation, is impracticable for the company only certified wood production of furniture. To make it feasible, some fundamental actions are needed: bigger offers of certified wood for a smaller price; quality improvement of certified raw material and application on part of the company of acquisition quality criteria control; development of products considering the characteristics and properties of the wood, reducing the residues generation; investment in man power qualification and equipment.

Keywords: wood, waste, furniture, linear programming, yield, mechanical processing.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tratou do diagnóstico da geração de resíduo em uma indústria moveleira que utilizou madeira nativa certificada e madeira nativa não certificada como matéria-prima. Avaliou-se a diferença no rendimento (com relação aos produtos e aos resíduos gerados) e o efeito econômico e ambiental relacionados às perdas no processo.

O estudo esteve inserido em um projeto mais amplo, “Caracterização e quantificação dos resíduos da produção de móveis de madeira certificada”, financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), o qual trata da quantificação e caracterização dos resíduos resultantes do processamento da madeira certificada na produção de móveis, como base para: (i) planejamento de programas de minimização e valorização de resíduos; (ii) contribuição para ampliação do sistema de certificação florestal; (iii) avaliação econômica da eficiência das linhas de produção através da análise dos dados com aplicação da técnica de programação linear.

A preocupação com o melhor aproveitamento dos recursos madeireiros se acentuou no Brasil a partir dos anos 90, com o advento da certificação florestal e com o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis de produção, denominadas práticas do “bom manejo florestal”.

A certificação florestal surgiu como uma alternativa à exploração predatória e visa contribuir para o uso racional dos recursos da floresta, atestando que determinada empresa ou comunidade obtém seus produtos manejando sua área florestal de forma ambientalmente adequada, socialmente justa e economicamente viável, segundo os princípios e critérios do FSC - Forest Stewardship Council (INSTITUTO BRASILEIRO DE CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA - IMAFLORA, 2005).

A certificação do manejo florestal é um instrumento voluntário desenvolvido para ser utilizado pelo setor privado e só poderá atingir seus objetivos quando os princípios, critérios e indicadores de sustentabilidade forem: (i) cientificamente bem fundamentados; (ii) resultarem em uma boa relação-custo benefício; (iii) estiverem de acordo com a legislação; (iv) respeitarem os direitos humanos e privados; (v)

incentivarem a silvicultura como uso sustentável da terra, não criando obstáculos ao livre comércio dos produtos florestais.

Os critérios e indicadores são desenvolvidos para abordar questões florestais como: a extensão dos recursos florestais; a conservação da biodiversidade; as necessidades sociais e de desenvolvimento; a política legal de uso dos recursos florestais e o enquadramento institucional.

A adoção do bom manejo, aplicado nas áreas certificadas, busca a manutenção da estrutura e da composição da floresta, enquanto gera benefícios sociais e econômicos. As práticas de bom manejo incluem ações como: (i) plano de manejo florestal que inclui o levantamento de campo, o zoneamento da propriedade e o planejamento das estradas; (ii) censo florestal, que inclui a demarcação do talhão, a abertura de trilhas de orientação, o censo (identificação, medição, numeração e mapeamento das árvores, além da avaliação da qualidade do tronco, detecção da presença de oco, avaliação da direção de queda das árvores e seleção das árvores matrizes para produção de sementes); (iii) corte dos cipós no mínimo um ano e meio antes da exploração; (iv) planejamento da exploração, localizando e definindo o tamanho dos pátios de estocagem, definindo os ramais de arraste e a direção de queda das árvores; (v) demarcação da exploração florestal, constitui na demarcação das estradas, dos pátios de estocagem, dos ramais de arraste e o ajuste na direção de queda das árvores; (vi) abertura de estradas e de pátios de estocagem; (vii) corte das árvores, sendo feito o pré-corte (preparação para o corte), o corte e o pós-corte (preparar a árvore para ser removida do local); (viii) arraste de toras; (ix) proteção da floresta contra o fogo através de aceiros e da exploração de talhões intercalados; (x) práticas silviculturais como plantio de enriquecimento com espécies de valor madeireiro e estímulo do crescimento das mudas e arvores de valor comercial nas clareiras.

Essas ações têm contribuído para a redução dos impactos da exploração, para o aumento tanto do rendimento como da rentabilidade da atividade, além de reduzir a geração de resíduos na colheita. Isso é o resultado da abordagem de sistema de gestão na produção florestal.

Diferentemente, a certificação da cadeia de custódia, trata da atribuição de um selo que assegura ao consumidor final que o produto adquirido é proveniente de uma floresta cujo manejo florestal foi certificado.

A certificação da cadeia de custódia pouco acrescenta à sustentabilidade florestal. Sua ação é baseada no rastreamento da matéria-prima proveniente do manejo certificado, desde a floresta, passando por todas as fases de processamento, até chegar ao consumidor final. Esse processo não adota nenhum procedimento que interfira de forma positiva no sistema de gestão das empresas de processamento primário e secundário da madeira.

A certificação florestal significou um grande avanço em relação ao manejo florestal tradicional. Entretanto, se fossem consideradas as grandes perdas ao longo do processamento mecânico da madeira, da serraria até a obtenção do produto final, pode-se concluir que não é possível avançar na busca pela sustentabilidade na produção florestal sem interferir na gestão dos outros elos da cadeia produtiva.

Toda perda nas outras etapas da produção, irá resultar em aumento na intensidade de exploração na floresta. Os critérios para definição das espécies usadas para diferentes produtos, irá se refletir na seletividade da exploração. O desconhecimento pelo designer, pelo empresário e/ou pelo consumidor da matéria-prima madeira para definição do produto, mesmo utilizando madeira certificada; a organização do processo produtivo; a seleção de máquinas; a definição do nível de capacitação da mão-de-obra; entre outros, também se reflete na floresta.

Além da certificação da cadeia de custódia não acompanhar o rendimento do processo, não há uma preocupação com as condições de instalação das máquinas, com o uso de equipamentos de segurança (EPI's – equipamentos de segurança individual) pelos operadores de máquinas do processamento da madeira e com a utilização de dispositivos de segurança em máquinas, etc.

A incorporação de princípios, critérios e indicadores do desempenho ambiental, social e econômico no processamento mecânico da madeira poderá ser um grande passo na construção de cadeias produtivas mais sustentáveis para o setor florestal.

A indústria moveleira é um dos segmentos da indústria de base florestal brasileira que mais tem consumido madeira certificada proveniente de florestas nativas.

Isso se deve a uma estratégia adotada pelo FSC e seus parceiros no Brasil (Amigos da Terra, IMAFLORA - Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola, WWF – World Wildlife Fund, entre outros) para estimular o consumo de madeira, especialmente de áreas comunitárias certificadas.

Como parte dessa estratégia, em 1998 foi criado o “Grupo de Compradores de Madeira Certificada” com a participação de um grande número de designers de móveis, considerados formadores de opinião no setor moveleiro. E isso tem contribuído para a difusão do uso da madeira proveniente do manejo certificado, para a divulgação de novos conceitos de produtos ambientalmente adequados e para a maior agregação de valor ao produto final.

Atualmente, a indústria moveleira é considerada o setor com maior potencial para incorporação dos custos da certificação no Brasil.

Esse quadro justifica a escolha desse tipo de indústria para se fazer uma avaliação da geração de resíduos no processamento mecânico da madeira de manejo florestal certificado.

Assim, esse trabalho buscou avaliar a geração de resíduos de móveis feitos com madeira de manejo florestal certificado e não certificado, procurando apontar (i) os tipos, os volumes, os fatores e as operações geradoras de resíduos; (ii) os custos relacionados à produção e (iii) os pontos críticos de geração. A partir desse diagnóstico, puderam-se discutir possíveis ações para o aumento da eficiência no uso da matéria-prima e no gerenciamento dos resíduos, contribuindo para o início da elaboração de sistemas de gestão que considerem a sustentabilidade da cadeia produtiva madeira-móveis.

Este estudo abordou o problema de como é utilizada a madeira certificada na produção de móveis. Ou seja, o impacto do processamento mecânico da madeira para fabricação de móveis para a floresta que segue as práticas do “bom manejo”. Em função desse uso, foi comparado o rendimento do produto feito com madeira certificada e com madeira não certificada (extraída de forma tradicional). Logo, foi avaliada se há diferença de rendimento entre os diferentes produtos, feitos com as diferentes matérias-primas (certificada e não certificada).

A técnica da programação linear foi utilizada como ferramenta para se criar e estabelecer mecanismos de auxílio na tomada de decisão com relação à importância de quatro fluxos de produção de móveis, levando-se em consideração a geração dos resíduos do processamento mecânico da madeira.

A minimização na geração dos resíduos é a alternativa de manejo de resíduos priorizada nesse estudo, que possui sua base conceitual nos princípios da “Produção Mais Limpa”.

1.2 Objetivos

Objetivo geral:

Este estudo tratou do diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis feitos com madeira certificada e com madeira não certificada, visando a disponibilização de subsídios para tomada de decisão quanto à gestão ambiental e econômica da empresa.

Objetivos específicos:

1. Analisar o sistema de produção identificando os tipos de resíduos gerados, os fatores de geração e as operações geradoras;
2. Quantificar os diferentes tipos de resíduos identificados;
3. Apontar os pontos críticos na geração de resíduos;
4. Utilizar a programação linear como ferramenta para criarem-se mecanismos de auxílio na tomada de decisão, com relação à importância dos 4 fluxos de produção, apontando alternativas para o gerenciamento de resíduos nessa empresa;
5. Discutir ações que possam ser adotadas na gestão da empresa, visando uma melhor utilização da matéria-prima e um maior retorno econômico, contribuindo para uma maior sustentabilidade no sistema produtivo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 A indústria moveleira e a certificação

A indústria de móveis no Brasil é caracterizada pelo agrupamento de inúmeros processos de produção, envolvendo diversas matérias-primas, uma gama muito grande de produtos finais, num sistema verticalizado de produção, baseado no uso intensivo de mão-de-obra (GORINI, 2000).

Formalmente, o setor moveleiro brasileiro é formado por cerca de 14 mil empresas, com predominância das pequenas e micro, familiares e de capital nacional. Entretanto, dada a grande informalidade do setor, estima-se que aproximadamente 50 mil indústrias moveleiras operem no país, gerando 186 mil postos de trabalho diretos e 500 mil indiretos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MOBILIÁRIO - ABIMÓVEL, 2004).

Essa indústria pode ser segmentada, com base nos materiais com que os móveis são fabricados (madeira, metal, plástico, etc.), e nas suas funções (móveis residenciais, móveis de escritório, etc.). As empresas do setor são especializadas em um ou dois tipos de móveis em função de aspectos técnicos e mercadológicos (GORINI, 2000).

O seguimento de móveis de madeira é o maior, concentrando 91% dos estabelecimentos, 83% dos empregos e 72% do faturamento do setor, com uma produção voltada para o mercado interno, principalmente para as regiões sul e sudeste (ABIMÓVEL, 2004).

O setor moveleiro no Brasil teve início na década de 50, sendo a cidade de São Paulo o pólo pioneiro, juntamente com os municípios de Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul. Somente na década de 60 e 70 surgiram os pólos do Rio

Grande do Sul e de Santa Catarina (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2002).

A partir da década de 80 novos pólos foram criados, sendo os principais: Votuporanga, Mirassol, Jaci, Bálsamo e Neves Paulista, no Estado de São Paulo; Ubá, Bom Despacho e Martinho Campos, em Minas Gerais; Araongas e Londrina, no Paraná; Linhares e Colatina, no Espírito Santo; e, no final da década de 90 a expansão teve início com os pólos emergentes de Macapá e Santana, no Amapá; Paragominas, no Pará; Fortaleza, Sobral, Juazeiro e Igatu, no Ceará; Teresina, no Piauí; Caruaru, Afogados, Garanhuns, Gravatá e Lajedo, em Pernambuco; Brasília, no Distrito Federal; Uberaba e Uberlândia, em Minas Gerais; Itapetininga, em São Paulo; Telêmaco Borba, no Paraná; Itacoatiara e Presidente Figueiredo, no Amazonas (GORINI, 1998; IPT, 2002; SANTA RITA; SBRAGIA, 2002; VALENÇA; PAMPLONA; SOUTO, 2002).

O setor moveleiro no Brasil vem apresentando um crescimento significativo nos últimos anos, sendo alvo da atenção de diversos segmentos da área governamental em virtude de suas possibilidades, tanto na geração de divisas, com os aumentos substanciais nos volumes exportados, como também na criação de novos postos de trabalho e na desconcentração regional (VALENÇA; PAMPLONA; SOUTO, 2002).

No Estado de São Paulo o crescimento das vendas entre agosto de 1994 e agosto de 2000 foi de 114%, ou seja, cerca de 16% ao ano (IPT, 2002). Isso se deu em função: (i) do crescimento da rede hoteleira no Brasil (trouxe impactos positivos sobre a demanda de móveis) e (ii) da estabilidade econômica (permitiu o ingresso das classes de menor poder aquisitivo ao mercado de bens duráveis através do financiamento) (GORINI, 1998; IPT, 2002).

As exportações brasileiras de móveis passaram de US\$ 40 milhões para US\$ 501 milhões entre 1990 e 2001, respectivamente. Apesar desse crescimento expressivo, tais valores absolutos não representam adequadamente o esforço exportador nacional, já que os preços dos móveis exportados vêm caindo desde 1999 (VALENÇA; PAMPLONA; SOUTO, 2002).

Os móveis de madeira respondem por cerca de 70% das exportações, enquanto assentos e cadeiras respondem por cerca de 7% e móveis de outros materiais, partes e outros tipos respondem pelo restante. Estados Unidos, Argentina, França, Reino Unido

e Alemanha constituem os principais mercados externos da indústria de móveis brasileira, concentrando 70% dos valores exportados em 1999 e 2000 (VALENÇA; PAMPLONA; SOUTO, 2002).

O crescimento no setor é resultado, ainda, de grandes investimentos na renovação do parque de máquinas, na automação e no controle de qualidade, os quais se fizeram acompanhar do aumento na escala de produção das principais empresas do setor e do incremento da profissionalização de suas administrações (GORINI, 2000). Essas mudanças permitiram uma maior eficiência do processo produtivo, um compartilhamento de processos entre grupos de indústrias e um melhor padrão de qualidade dos produtos (SANTA RITA; SBRAGIA, 2002). Entretanto, o processo de modernização ainda se encontra muito restrito às grandes e médias empresas do setor (GORINI, 2000).

A abertura comercial e a globalização das atividades econômicas, na década de 90, introduziram novas formas de cooperação entre as empresas, inclusive a indústria brasileira de móveis, como o licenciamento de produtos, *join ventures*, entre outras (GORINI, 1998; SANTA RITA; SBRAGIA, 2002). Porém, ainda são muitos os desafios e os esforços necessários para aumentar a produção e a competitividade da indústria moveleira nacional, como relatado nos resultados do Fórum de Competitividade da Cadeia Produtiva de Madeira e Móveis, realizado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior em fevereiro de 2001 (IPT, 2002).

Entre os principais desafios estão: o aperfeiçoamento da política florestal, a abertura de linhas de financiamento para a produção, a exportação e a capacitação tecnológica e de recursos humanos e a desoneração da produção. Para viabilizar o cumprimento das macro metas visando a competitividade, foram definidas estratégias e ações que se agrupam em quatro conjuntos de projetos, relativos: (i) ao aumento da oferta de madeira; **(ii) à certificação florestal;** (iii) ao aumento da competitividade da cadeia; e (iv) ao aumento das exportações e da base exportadora (IPT, 2002).

O grande volume, a diversidade de resíduos gerados na produção moveleira e o manejo geralmente inadequado desses materiais são outros fatores críticos para o aumento da competitividade do setor moveleiro apontado pelo Fórum de Competitividade da Cadeia Produtiva de Madeira e Móveis (IPT, 2002).

No levantamento realizado pelo projeto “Prospectiva Tecnológica da Cadeia Produtiva Madeira e Móveis” (IPT, 2002), a minimização e o aproveitamento de resíduos foram apontados como fatores críticos muito importantes pelas indústrias moveleiras dos pólos de Bento Gonçalves e São Bento do Sul e moderadamente importantes pelas indústrias dos pólos de Votuporanga e Arapongas, numa escala de muito importante, moderadamente importante e pouco importante. Porém não foram desenvolvidas ações para se minimizar ou valorizar os resíduos gerados na cadeia produtiva madeira-móvel, nem mesmo existem dados disponíveis sobre geração e manejo.

2.1.2 A certificação florestal

O processo de certificação florestal é relativamente recente, iniciado na década de 90, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) (ECO-92), realizada em 1992, no Rio de Janeiro. No capítulo 11 da Agenda 21 consta que governos juntamente com organizações particulares estudariam métodos de conservação e manejo sustentável abrangendo as florestas do mundo todo (FOREST STEWARDSHIP COUNCIL - FSC, 1998). Esse acordo conduziu à atribuição do conceito de desenvolvimento sustentável, fundamentado no equilíbrio do desenvolvimento econômico, da conservação do ambiente e da justiça social (NARDELLI; GRIFFITH, 2003; POSCHEN, 2000). Isso resultou na certificação do bom manejo, com reconhecimento dos produtos oriundos desse processo através do selo do FSC. A certificação florestal foi uma alternativa para pressionar e orientar, através de mecanismos de mercado, a forma de gestão das florestas tropicais (GRUPO DE TRABALHO AGROECOLÓGICO NA AMAZÔNIA - GTNA; FASE NACIONAL; INSTITUO DO HOMEM E DO MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA - IMAZON, 2002).

Atualmente, no mundo, um dos mais importantes padrões para a certificação florestal fundamenta-se nos “Princípios e critérios do FSC” (NARDELLI; GRIFFITH, 2003).

No Brasil, o FSC certificou uma área de 1.000.000 ha de florestas, sendo 20% florestas nativas e 80% plantações, e mais de 80 cadeias de custódia. No mundo o FSC possui mais de 500 afiliados, 20.000 produtos com selo no mercado e uma área de 27.000.000 ha certificados em 54 países (GTNA; FASE NACIONAL; IMAZON, 2002).

O FSC possui 4 certificadoras credenciadas que atuam no Brasil, são elas: (i) SCS (Scientific Certification System); (ii) Rainforest Alliance, atua em parceria com a ONG IMAFLORA, através do programa SmartWood de certificação; (iii) SGS (Société Générale de Surveillance Forestry); e (iv) Skal International (FSC, 2005).

O FSC é responsável por: desenvolver os princípios (10 no total) e critérios (56 no total) universais para certificação; credenciar órgãos certificadores especializados e independentes e monitorar esses órgãos (GTNA; FASE NACIONAL; IMAZON, 2002; IMAFLORA, 2002). Também apóia o desenvolvimento de padrões nacionais e regionais de manejo florestal, que têm o objetivo de detalhar e adaptar a aplicação dos princípios e critérios à situação de cada país e à realidade de um determinado tipo de floresta (GTNA; FASE NACIONAL; IMAZON, 2002).

Os padrões servem de preceito ou norma para avaliação (IMAFLORA, 2002). As normas para o manejo florestal sustentável consistem em um certo número de princípios, os quais são parcelas da meta ou do objetivo geral, e em critérios e indicadores, que avaliam em relação ao êxito ou ao fracasso para alcançar o objetivo e seus componentes. Os critérios descrevem uma situação desejada ou a dinâmica do sistema biológico ou social, para permitir um veredicto sobre o nível de cumprimento dos objetivos, em uma situação determinada. Esses devem ser formulados como insumos ou processos, relacionados claramente em termos de causa e efeito com o objetivo. Os indicadores verificam objetivamente se a situação enfocada por um critério, está realmente sendo alcançada. Os indicadores devem ser precisos e mensuráveis (POSCHEN, 2000).

Manejo florestal é a gestão dos recursos florestais para alcançar benefícios econômicos e sociais, produtos e serviços, respeitando-se a sustentabilidade ambiental (IMAFLORA, 2002). Manejo florestal sustentável é a gestão e a conservação da base dos recursos naturais e a orientação tecnológica para que favoreçam a realização e a

satisfação contínua das necessidades humanas na atual e nas futuras gerações (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO, 2002).

A certificação do manejo florestal pondera as questões ambientais, econômicas e sociais. Assim, pode-se assegurar o compromisso, do órgão/indivíduo que possui o certificado, com o meio ambiente e com a sociedade. O selo FSC assegura, no manejo, que a exploração de madeira foi realizada de maneira ecologicamente adequada, socialmente justa e economicamente viável, cumprindo todas as leis vigentes. Posteriormente a certificação das atividades florestais de exploração de matas nativas e de plantações, há a etapa de certificação da “cadeia de custódia”, que atesta que o produto ou insumo florestal fabricado é proveniente de florestas nativas ou plantações manejadas de acordo com padrões, princípios e critérios do FSC, ou seja, é uma garantia da origem (GTNA; FASE NACIONAL; IMAZON, 2002).

A certificação é voluntária e depende da iniciativa da empresa ou grupo interessado (GTNA; FASE NACIONAL; IMAZON, 2002). O certificado é válido por cinco anos, sendo realizado pelo menos um monitoramento por ano. Essa avaliação é feita por uma equipe multidisciplinar, responsável por checar cada aspecto do manejo florestal, apontando os problemas e os pontos a serem melhorados (IMAFLOA, 2002).

No Brasil há um consumo anual de toras provenientes de florestas nativas da ordem de 35 milhões de metros cúbicos, sendo 85 % desse volume procedente da Floresta Amazônica (DEUSDARÁ FILHO; PEREIRA, 2001). Somente o setor moveleiro consome cerca de 7,4 milhões de metros cúbicos (ABIMÓVEL, 2004). O Brasil é o maior produtor e consumidor de madeira tropical mundial (DEUSDARÁ FILHO; PEREIRA, 2001; FAO, 2002). Esses dados indicam a importância da certificação florestal para conservação das florestas nativas e a contribuição do setor moveleiro no consumo de madeira proveniente dessas florestas.

A certificação implica na mudança de paradigmas tradicionais na atividade florestal (VIANA, 1996), que necessitam serem extintos do processo de extração da madeira e de seu processamento. É uma forma de se melhorar a qualidade das florestas, buscando aumentar o aproveitamento dos recursos, diminuir a intensidade de exploração e conservar ao máximo sua biodiversidade, diminuindo-se o impacto da exploração na ecologia da floresta (CARVALHO, 1999; FSC, 1998).

A certificação pode ser individual ou em grupo. A certificação em grupo consiste em reunir um determinado número de pequenas áreas florestais sob o comando de um único “administrador do grupo”, capaz de organizar o processo de certificação como seria na de certificação individual, permitindo a cada membro individual se beneficiar das economias de escala (NUSSBAUM, 2003).

A certificação é um processo voluntário, depende da iniciativa de empresas, de proprietários ou de organizações interessadas, que solicitam a uma certificadora, credenciada pelo FSC, que as audite para a obtenção do selo (GTNA; FASE NACIONAL; IMAFLOA, 2002; POSCHEN, 2000). O certificado não se refere à empresa e sim à floresta, que é uma área específica e delimitada. Há a certificação de produtos intermediários (insumos) ou finais, que é feita através da "cadeia de custódia". Nesse caso, a indústria processadora solicita a certificação.

A cadeia de custódia é a garantia de origem, ou seja, pode-se rastrear a madeira certificada em todas as etapas de transformação, desde sua origem na floresta até o produto final (IMAFLOA, 2002; NUSSBAUM, 2003). Essa garantia é obtida através de três elementos: documentação, identificação e segregação. A documentação é a maneira final de se garantir uma cadeia de custódia confiável, pois através de documentos (material escrito utilizado para consulta, estudo, prova) é que se pode rastrear e provar que um produto foi fabricado com material certificado. A identificação se baseia na utilização de algum tipo de marcação física, para que a matéria-prima certificada possa ser reconhecida. A segregação é feita para garantir que a matéria-prima certificada não se misture com a não certificada, para isso deve-se manter a matéria-prima certificada isolada até o ponto de venda (NUSSBAUM, 2003).

Esse processo de certificação visa rastrear a madeira, durante seu processamento, através de todas as operações (processamento e transporte) (KREBS; GREINER-MANN, 2001). Nesse tipo de certificação, os padrões FSC são específicos para a cadeia de custódia e não consideram as questões sociais e ambientais da transformação (IMAFLOA, 2002), ao contrário do que ocorre com a certificação do manejo florestal. Logo, os pontos-chave na certificação da cadeia de custódia são: (i) identificação visual da matéria-prima originária do manejo certificado; (ii) separação física dos materiais certificados e não-certificados; documentação de controle; (iii)

garantia de origem em todas as etapas da produção; (iv) processamento e manutenção dos dados; (v) identificação do produto certificado; (vi) cumprimento das políticas do FSC e/ou do certificador afiliado ao FSC (IMAFLORA, 2002).

A certificação da cadeia de custódia não garante a qualidade do produto, o preço e a qualidade do serviço oferecido. Os tipos de cadeia de custódia são: (i) certificação exclusiva, utiliza-se somente matéria-prima com o manejo florestal certificado; e (ii) certificação não-exclusiva, a indústria de transformação utiliza matéria-prima proveniente do manejo certificado e matéria-prima não-certificada. No segundo tipo de certificação, procura-se evitar a mistura de matéria-prima e produtos florestais não-certificados ou constituídos parcialmente de matéria-prima certificada oriunda do manejo florestal certificado (IMAFLORA, 2002).

Assim, ao contrário da certificação do manejo florestal, a certificação da cadeia de custódia não contribui para a melhoria na gestão das empresas de processamento mecânico da madeira, para o uso racional dos recursos florestais madeireiros, para a redução da geração de resíduos e para o aumento da sustentabilidade florestal. Sem ações que abordem a cadeia produtiva como um todo, os problemas decorrentes da ineficiência do setor industrial, inevitavelmente, repercutirão na floresta. E isso, manterá distante a possibilidade de construção de um sistema sustentável de produção para o setor florestal.

2.1.3 Gestão de resíduos na indústria de base florestal

Resíduo é todo material descartado nas cadeias de produção e consumo que por limitações tecnológicas ou de mercado, não apresenta valor de uso ou econômico, podendo causar impactos negativos ao ambiente quando manejados de maneira imprópria (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB, 1985; HOUAISS et al., 2001; NOLASCO, 1998).

Os resíduos podem ser classificados quanto à sua origem (domiciliar, comercial, de serviços públicos, hospitalar, portos, aeroportos, terminais rodoviários, terminais ferroviários, industrial, radioativo, agrícola e entulho); quanto ao seu estado físico (sólido, pastoso, líquido e gasoso); quanto à periculosidade e composição química

(Classe I - Perigosos, Classe IIa – Não inertes e Classe IIb - Inertes) (NOLASCO, 2000; NBR 10004, 2004; SÃO PAULO, 1998) e quanto ao seu tamanho, através da granulometria (CASSILHA et al., 2003).

O conceito de resíduo florestal é estabelecido convencionalmente como todo e qualquer material resultante da colheita ou do processamento da madeira e/ou de outros recursos florestais que permanece sem utilização definida ao longo do processo, por limitações tecnológicas ou de mercados, sendo descartado durante a produção (NOLASCO, 2000; SALMERON, 1980). Quanto à origem, pode ser classificado em: resíduo da colheita florestal, resíduo do processamento mecânico da madeira, resíduo da produção de celulose e papel, entre outros.

Os resíduos florestais devem ser caracterizados com o objetivo de permitir a classificação do mesmo e embasar o processo de tomada de decisão em relação ao seu gerenciamento.

Com relação ao seu gerenciamento, para uma posterior tomada de decisão, deve-se observar: as formas de tratamento dos resíduos utilizadas; o potencial de valorização (recuperação, reciclagem, aproveitamento e reuso); a segregação dos resíduos na origem, elevando a potencialidade de aproveitamento e reciclagem; a indicação de incompatibilidade (química, física e biológica) entre resíduos ou materiais, evitando sua disposição ou armazenamento conjunto; se há restrições legais para determinado tipo de resíduo; as condições de transporte e disposição final; a prevenção de acidentes quando manuseado o resíduo; os requisitos para o licenciamento ambiental do empreendimento (NOLASCO, 2000).

Os métodos para caracterização dos resíduos são definidos em função do objetivo dessa caracterização. Pode-se, então caracterizar o resíduo em função de sua origem, de seu tipo, de seus fatores geradores, de sua quantidade, de sua composição/periculosidade, de suas características físicas, de sua sazonalidade, de sua dispersão espacial e de suas formas de manejo (NOLASCO, 2000).

Os resíduos da colheita florestal podem ser compostos por galhos, copa, casca, raiz, árvores mortas, árvores abatidas acidentalmente, cepas, cipós, outras espécies não arbóreas danificadas e/ou abandonadas. Os resíduos do processamento mecânico da madeira podem conter costaneira, pó, serragem, maravalha, cavaco, tocos, pontas e

aparas; contaminados ou não por produtos químicos do tratamento da madeira, cola, tinta e verniz (NOLASCO, 2000). Os resíduos da produção de celulose e papel são casca, rejeitos de cavaco, dregs, grits, lama de cal, cinza leve, cinza pesada, rejeitos do digestor, lodo de ETE, rejeito de celulose, entre outros (SPRINGER, 1993). Os resíduos da produção de carvão vegetal são os finos do carvão, alcatrão e licor pirolenhoso (NOLASCO, 2000).

Os resíduos são gerados ao longo de toda a cadeia produtiva. A quantidade e os tipos gerados variam com as características da floresta, da espécie, da natureza da matéria-prima, do produto, do grau de processamento, da eficiência do processo de transformação (NOLASCO, 2000; TOMASELLI, 1998), tipos de máquinas empregadas pela indústria, número de operações do processamento, qualificação da mão-de-obra (REZENDE et al., 1992) e com as exigências do mercado (APROVEITAMENTO DOS, 1957).

Os dados sobre geração de resíduos na colheita e no processamento da madeira no Brasil e em outros países são ainda muito escassos.

Para a região de Paragominas (PA), estima-se que 36% do total de madeira em tora que chega às serrarias resulta em madeira serrada, quando para o mercado interno, e 32% quando para o mercado externo. Ou seja, as operações de desdobro resultam numa geração de resíduo de 44% e 48%, respectivamente (GERWING et al., 2001; VIDAL et al., 1997).

A indústria de serraria e laminação do Brasil tem um aproveitamento médio de 49,29%, sendo considerado resíduo das operações 50,71% (BRITO, 1995). Considerando somente as serrarias, dependendo do tipo de madeira serrada, das condições da tora e da tecnologia de corte utilizada, são aproveitados entre 40 a 65% das toras (FRUWALD, 1981). Normalmente uma tora não produz mais que 60% de madeira serrada, podendo-se considerar, grosseiramente, que metade do volume desperdiçado em uma serraria é a serragem e a outra metade, madeira em forma de pontas, costaneiras (APROVEITAMENTO DOS, 1957; SOUZA, 1997).

Estudo realizado no município de Iguape - SP sobre geração de resíduos do processamento da caixeta (*Tabebuia cassinoides*), verificou que ocorre variação no volume de resíduo gerado em função do tipo de artigo produzido. Na produção de

saltos para calçados verificou-se que do total da madeira utilizada no processo, 44,63% resultou em resíduo. Na produção de tabuinhas para lápis houve a geração de 66,4 % de resíduo e, para a produção de artesanato, 34,6% (NOLASCO, 2000).

Em indústria de esquadrias, no município de Tietê - SP, cerca de 46% da matéria-prima resultou em resíduo após o processamento (ULIANA; NOLASCO; GARCIA, 2003).

Para a indústria moveleira não existem dados disponíveis sobre fatores geradores, tipos, volumes e formas de manejo dos resíduos no Brasil.

Os resíduos, quando manejados inadequadamente podem causar problemas ambientais como poluição do solo, do ar, do lençol freático e degradação da paisagem (NOLASCO, 2000).

A geração de resíduos florestais e agrícolas no Brasil tem mostrado valores significativos, devendo-se considerar a utilização dos mesmos na cadeia produtiva, pois esses não representam apenas um problema econômico (desperdício) mas também um sério problema ambiental. As serrarias geram aproximadamente 23 milhões de toneladas de resíduos ao ano, o que equivale a 36 estádios do Maracanã, no Rio de Janeiro (SOUZA, 1997).

Na Noruega, cerca de 900.000 m³ de resíduos sólidos de serraria, de variados tamanhos, são utilizados anualmente como matéria-prima na indústria, sendo 90% consumidos pela indústria de celulose (SKJELMERUD, 1972).

As florestas norueguesas são formadas basicamente de duas espécies de coníferas, com rotação de cerca de 80 anos (SKJELMERUD, 1972). Portanto a utilização de resíduos em indústrias norueguesas é favorecida por utilizar duas espécies arbóreas e é imprescindível a sua utilização, já que as florestas possuem um ciclo de rotação muito longo.

A indústria madeireira brasileira utiliza cerca de 45 espécies arbóreas nativas (IPT, 2004) o que dificulta a utilização dos resíduos do processamento da madeira por parte de empresas de celulose e painéis de madeira, como MDF e aglomerados. Além disso, a distância entre as áreas geradoras de resíduos e aquelas onde se localizam as indústrias com potencial de aproveitamento são muito grandes. Isso acaba sendo um fator desfavorável ao aproveitamento devido aos altos custos de transporte.

Os resíduos florestais podem ser utilizados de inúmeras formas como: na fabricação de pequenos objetos utilitários e decorativos; na produção de chapas de partículas de diferentes composições; na composição de cama para aviários, currais e estábulos; na compostagem; na geração de energia; na indústria de tintas, como matéria-prima; e na produção de enchimento para embalagens, entre outros (SOUZA, 1997). Porém, a viabilização do seu aproveitamento, muitas vezes, é limitada por dificuldades em sua manipulação, falta de uniformidade do material, dispersão espacial, sazonalidade, estado físico, contaminação, falhas no manejo e alto custo de transporte. Esse último fator é considerado um dos mais limitantes, pois os resíduos podem não ser utilizados no lugar de sua origem, tendo que ser transportados para locais onde serão usados (AVILA; ORJUELA, 1992) e o valor elevado do frete pode inviabilizar a utilização do resíduo, sendo mais fácil abandoná-lo em algum local próximo de sua origem.

Para se conservar e usar sustentavelmente um recurso é fundamental primeiramente minimizar os desperdícios. No caso dos resíduos florestais, reduzir esses desperdícios significa minimizar a área florestal necessária para atender a uma dada demanda de madeira (VIDAL et al, 1997).

A valorização e a minimização de resíduos são estratégias dos modelos de gestão baseados no conceito de “Produção Mais Limpa”, que busca a maior sustentabilidade nos sistemas produtivos, através da redução no consumo de energia, do uso racional dos recursos e da redução dos impactos ambientais negativos.

A produção mais limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, empregada nos processos, nos produtos e nos serviços para aumentar a “eco-eficiência” e reduzir os riscos para os seres humanos e para o meio ambiente (EL-KHOLY, 2005; FRESNER, 1998; GUNNINGHAM; SINCLAIR, 1997).

Esse conceito está relacionado ao de “eco-eficiência”, que é a produção de bens e serviços que satisfazem as necessidades humanas, conduzindo à qualidade de vida, procurando reduzir impactos e intensidade de exploração de recursos a um nível sustentável pelo ecossistema terrestre (GUNNINGHAM; SINCLAIR, 1997).

No processo produtivo há a inclusão da conservação de matérias-primas e energia, da eliminação de materiais tóxicos e da redução em quantidade e toxicidade de todas as emissões e de resíduos (EL-KHOLY, 2005).

Os princípios da produção mais limpa ainda são pouco empregados na indústria de base florestal. Somente as empresas de celulose e papel têm desenvolvido sistemas de gestão de resíduos mais eficientes, e isso, somente nos últimos 10 anos.

O setor de processamento mecânico da madeira, inclusive as indústrias moveleiras, pouco tem investido na gestão de resíduos.

Isso se deve em parte à facilidade de obtenção de matéria-prima e de seu baixo custo; à idéia errônea de que a madeira é um recurso renovável, portanto, inesgotável; ao grande número de micro e pequenas empresas que atuam no setor, com baixa capacidade de investimento em capacitação e melhoria tecnológica; e a outro conceito inadequado disseminado no setor: de que o resíduo madeireiro não é perigoso, podendo ser descartado de qualquer maneira.

A mudança de visão no setor é fundamental para a sustentabilidade da cadeia produtiva móvel-madeira. Através do advento da certificação florestal, pode-se buscar essa sustentabilidade, pois pelos princípios de organização da certificação florestal, ela pode ser um instrumento interessante para ser incorporado em sistemas mais amplos de gestão ambiental nas cadeias produtivas.

2.1.4 Defeitos da madeira e sua implicação na geração de resíduos

A madeira é um tecido vegetal morto, portanto, possui defeitos, na concepção da produção nacional. Peculiaridades de algumas espécies são consideradas defeitos, quando poderiam ser valorizadas, como por exemplo um nó. Outros defeitos, comprometem a qualidade do produto, tendo que se descartar a peça de madeira. Portanto, defeitos da madeira comprometem o seu rendimento, quanto maior a incidência e o volume dos defeitos, maior a geração de resíduos.

O nó é a parte basal de um ramo que se encontra no tronco, provocando, ao seu redor, desvios ou descontinuidade dos tecidos lenhosos. Os nós são conseqüência da ramificação da árvore. Esses depreciam as peças, devido à presença de grã irregular

no seu entorno, afetando a trabalhabilidade da peça no local, e a resistência (BURGER; RICHTER, 1991).

A madeira estrondada é uma rachadura interna que ocorreu durante a queda da árvore. Essa rachadura é imperceptível, num primeiro momento, após algumas operações de usinagem ela é notada e a peça, normalmente, tem que ser descartada.

Os carunchos são perfurações e galerias escavadas na madeira por insetos. Desvalorizam a madeira quando as peças ficam aparentes, afetando sua estética.

As manchas e os carunchos são conseqüência da biodeterioração da madeira. A biodeterioração é o termo usado para indicar alterações indesejáveis originadas pela ação, direta ou indireta, de seres vivos, nos materiais utilizados pelo homem. Os fungos manchadores causam manchas profundas no alburno das madeiras (LELIS et al., 2001).

A grã pode afetar o desempenho, a maquinabilidade e a resistência da madeira. Ela reporta-se à orientação e ao paralelismo dos elementos celulares verticais em relação ao eixo longitudinal do tronco da árvore (ZENID; CECCANTINI, 2003).

Os denominados defeitos de secagem (rachaduras e colapsos) acontecem, principalmente, pela falta de cuidados no empilhamento e na ocorrência de tensões internas geradas durante a secagem. Isto é, a incidência de defeitos significa que a evaporação de umidade na superfície acontece a uma taxa superior a da movimentação do interior até a superfície; as condições externas (temperatura e umidade relativa do ar) são muito agressivas à madeira (JANKOWSKY, 2000). Para se diminuir a incidência de defeitos deve-se conduzir a secagem de uma maneira mais lenta, dependendo da espécie a ser seca.

As rachaduras em peças serradas de madeira, como por exemplo tábuas, ocorrem em função da diferença de retração nas direções radial e tangencial da madeira e por diferenças de umidade entre locais de uma mesma peça ao longo do processo de secagem. A rachadura de topo ocorre, principalmente, nos raios - que são formados por células parenquimáticas - as quais possuem baixa resistência mecânica. As rachaduras de superfície ocorrem, geralmente, no início da secagem artificial. São causadas pela secagem mais rápida nas camadas superficiais da peça e mais lenta no

interior da peça. Essa diferença faz com que a peça fique sujeita à tensão, gerando, assim, as rachaduras de superfície (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

O empenamento é uma distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

A estocagem da matéria-prima influencia na sua qualidade no momento em que se for utilizá-la no processamento. Durante a estocagem, a madeira deve estar devidamente empilhada para se evitar empenamentos e rachaduras. Empilhar bem a madeira significa utilizar separadores de dimensões uniformes e alinhados no sentido vertical da pilha (previne empenamentos) (JANKOWSKY, 2000); separar as peças por espessuras iguais entre si e colocá-las na horizontal, com as mesmas espessuras, para manter um plano e fazer com que a pilha de madeira fique firme. A variação na espessura das peças restringe o fluxo de ar e prejudica a secagem (JANKOWSKY, 2000). O empilhamento adequado facilita o fluxo do ar através da pilha, contribuindo para uma secagem mais rápida e uniforme (JANKOWSKY, 2000).

Portanto, os defeitos inerentes à espécie, de secagem e de empilhamento favorecerão ou prejudicarão o rendimento da produção e conseqüentemente afetarão a geração de resíduos, logo, o conhecimento da espécie utilizada, a secagem artificial bem conduzida e um bom empilhamento estão diretamente ligados com a geração de resíduos e com a sustentabilidade da cadeia produtiva.

2.1.5 A técnica da programação linear e suas aplicações

Uma empresa possui inúmeras finalidades. Ainda que o objetivo final seja a obtenção máxima de lucro em seus negócios, essa pode ser justificada por várias outras metas, como a produção de bens e serviços, que deverão saciar as necessidades (básicas e sociais) dos consumidores. Logo, o consumidor procura bens que lhe satisfaçam e a empresa esforça-se para conseguir fatores de produção ou recursos que lhe possibilite a produção de bens desejados. Paralelamente, a indústria necessita trabalhar com os custos de produção e os custos de venda dos bens produzidos para alcançar a máxima rentabilidade em seus negócios (NOVASKI, 1991).

As perdas na produção representam desperdício e conseqüentemente aumento nos custos de produção (MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004), além de prejuízo à imagem da empresa, quando resultam em impactos ambientais negativos.

Para o planejamento, o controle e a tomada de decisão sobre o que produzir e como produzir é essencial conhecer o comportamento dos custos. Os custos oscilam com mudanças na produção e o conhecimento desse comportamento irá dar a base para o planejamento, controle e tomada de decisão da empresa (HANSEN; MOWEN, 2001).

A pesquisa operacional é um conjunto de conhecimentos relacionados com o processo científico de tomada de decisão (MAYERLE, 2002). Esse método de tomada de decisão tem sido aplicado a qualquer tipo de problema que dê suporte à definição de um objetivo em termos quantitativos (BARREIROS et al., 2002). Essa busca determinar o curso ótimo de um problema de decisão sob restrições de recursos limitados (TAHA, 1992).

A programação linear é uma técnica de planejamento, de tomada de decisão, que está se tornando uma das mais poderosas, em quase todo ramo da atividade humana (FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO GERENCIAL - FDG, 2002). Em áreas como engenharia e ciências há a preocupação com a eficiência na alocação de recursos escassos, que podem ser modelados e formulados como problemas de otimização. A tecnologia de otimização se tornou um componente chave na tomada de decisão atual nas áreas financeira, biotecnológica, aeroespacial, de agricultura, de energia, de telecomunicações e na Internet. Uma pesquisa recente, entre as quinhentas maiores empresas dos Estados Unidos, mostrou que cerca de 85% delas utilizava a técnica da programação linear (PANOS; RESENDE, 2002).

Essa técnica foi criada no final da década de quarenta e, com o advento do computador na década de cinqüenta, encontrou seu aliado natural, apresentando um desenvolvimento acelerado e muito difundida (PRADO, 2003). Programação linear é uma ferramenta determinista, ou seja, assume-se que todos os parâmetros do modelo são certamente conhecidos (TAHA, 1992).

A partir da II Guerra Mundial a pesquisa operacional e a programação linear começaram a se desenvolver. A razão para isso foi a ocorrência de problemas

complexos a serem resolvidos rapidamente: rotas que minimizavam custos de transporte, distribuição das tropas, dos armamentos, das munições, dos alimentos e dos medicamentos (MAYERLE, 2002; RODRIGUEZ, 1987).

O envolvimento multidisciplinar de cientistas, a eficiência e o sucesso na área militar (desenvolvimento de radar, defesa em ataque aéreo, detecção de submarinos, etc.), o desenvolvimento de técnicas matemáticas, a transferência dos conhecimentos adquiridos para a área civil e o retorno dos cientistas para as universidades foram fundamentais para que a pesquisa operacional, juntamente com a programação linear, se desenvolvessem (MAYERLE, 2002).

A programação linear é o aprimoramento de uma técnica de resolução de um sistema de equações lineares, o simplex (CAIXETA-FILHO, 2001). Programação linear está relacionada com a solução de um tipo de problema muito especial, em que todas as relações entre as variáveis, envolvidas no problema, são lineares, como as restrições e a função a ser otimizada (HADLEY, 1962). Baseia-se em operações com matrizes e resolução de sistemas compostos de equações e inequações lineares, visando a maximização ou a minimização de uma função linear, a função objetivo, levando-se em consideração um sistema linear de igualdades e/ou desigualdades, chamadas restrições do modelo (BREGALDA; OLIVEIRA; BONRSTEIN, 1988; MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004; PUCCINI, 1972). Essas representam as limitações de recursos disponíveis ou exigências de condições que devem ser cumpridas no problema (BREGALDA; OLIVEIRA; BONRSTEIN, 1988; MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004).

As possibilidades de utilização da técnica de programação linear são inúmeras, aplicadas em vários setores de desenvolvimento. Na área florestal há trabalhos que visam: o ajuste de objetivos na gerência de manejo florestal sustentável (HIROSHIMA, 1999); a gestão estratégica em recursos florestais (FALCÃO; BORGES, 1999), já que a programação linear fornece informações importantes para a tomada de decisão no manejo de uma floresta; o sistema de suporte de decisão para manejo florestal sustentável (VARMA et al., 2000); a análise econômica do manejo de florestas da região amazônica de uso múltiplo (GAMA-E-SILVA et al., 2001); a determinação do nível de mecanização utilizado em operações florestais (GUL; ACAR; TOPALAK, 2000);

a minimização dos custos de transporte na floresta (ACAR; GUL; GUMUS, 2000); e a seleção de árvores matrizes de eucalipto para polpação (BARREIROS et al., 2002).

Nota-se, porém que essa nunca foi utilizada como ferramenta no auxílio da tomada de decisão em empresas processadoras de madeira. Isto é, nesse estudo a técnica de programação linear foi usada para se determinar a melhor combinação de produção de cadeiras primeiro, fazendo-se uma análise econômica e, num segundo caso, fazendo-se a análise da geração de resíduos, dando assim, subsídios para a tomada de decisão em relação ao lucro e em relação à gestão da geração de resíduos e onde focar a minimização da geração de resíduos.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local de estudo

O estudo foi realizado em uma indústria moveleira do Estado de São Paulo localizada no município de Praia Grande, região metropolitana da Baixada Santista, latitude de 24°00'35", longitude de 46°24'45", altitude de 5 m e temperatura média de 27°C (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE PRAIA GRANDE, 2005) (Figura 1).

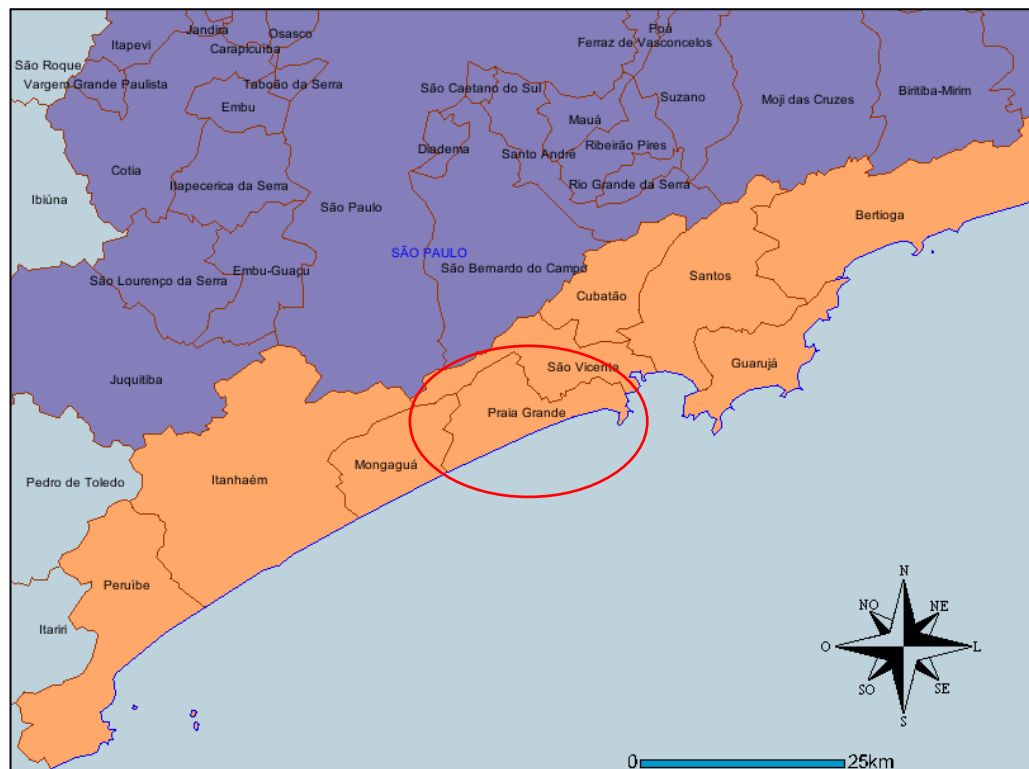


Figura 1 - Mapa da localização do município de Praia Grande (Fonte: IBGE, 2005)

Tratou-se de uma empresa de pequeno porte, com 15 funcionários trabalhando diretamente na produção (Figura 2). Seu sistema de produção era baseado em móveis retilíneos de alta qualidade, sob encomenda, comercializados em lojas especializadas de São Paulo.

A empresa utilizava como matéria-prima madeira certificada pelo FSC, proveniente de florestas plantadas e/ou da floresta amazônica, e eventualmente

matéria-prima não certificada, além de painéis e laminados de madeira. Os tipos de madeira (nomes vulgares) mais utilizados eram: cumaru, eucalipto, ipê, louro faia, muiracatiara e sucupira.



Figura 2 - Vista geral da empresa

2.2.2 Caracterização da indústria

A caracterização do sistema de produção da indústria foi realizada através da análise das condições de instalação física e dos equipamentos. Para isso, observou-se: os tipos de equipamentos; os funcionários (número e função); os tipos de produtos; a capacidade produtiva instalada; o consumo anual de matéria-prima; a origem da madeira; se há especificação para a obtenção da matéria-prima (comprimento, largura e espessura) para cada tipo de produto (NOLASCO, 2000).

2.2.3 Fluxograma da produção

Após a definição dos produtos a serem estudados (Figura 3), foram elaborados fluxogramas dos fluxos produtivos da indústria, a fim de se detalhar as operações de

processamento da matéria-prima, os fatores geradores e os tipos de resíduos em cada operação. Operação é a parte, a unidade ou a área do processo de produção ou determinado item de equipamento quando: (i) ocorre entrada de matéria-prima, (ii) há algum tipo de transformação ou (iii) materiais são liberados em forma, estado ou composição diferentes das condições de entrada (FURTADO et al., 1998).



Figura 3 - Produtos estudados, cadeira modelo Ethos com braço (a), cadeira modelo Ethos sem braço (b)

2.2.4 Classificação dos resíduos

A classificação dos resíduos foi feita com base em suas características morfológicas, ou seja, forma e tamanho das partículas. Os resíduos foram classificados como finos e grossos. O resíduo fino era formado por: (i) cavacos - resíduos com dimensões máximas de 50 X 20 mm; (ii) maravalha - resíduo com mais de 2,5 mm; (iii) serragem - resíduo com dimensões entre 0,5 e 2,5 mm; (iv) pó - partículas menores que 0,5 mm (CASSILHA et al., 2003). O resíduo grosso era formado por peças de refugo, com defeito, com medidas inadequadas, etc. Esse critério foi utilizado pois nesse trabalho era importante separar os resíduos por tamanho das partículas e posteriormente analisar o seu volume, para poder apresentar alternativas de minimização na geração. Não foi aplicada a classificação da ABNT, já que o objetivo do trabalho era voltado para a minimização, não houve necessidade de analisar a composição química.

2.2.5 Identificação dos resíduos e dos fatores geradores

Os resíduos foram analisados quanto à sua origem (operação geradora) e quanto ao fator gerador (ação ou característica da matéria-prima, do equipamento e/ou ferramenta que contribuíram para sua geração).

O resíduo grosso foi identificado com o auxílio dos funcionários da empresa. Foi necessário entender a lógica de descarte deles, portanto, o que levava o material a ser resíduo grosso (a medida da peça ou pedaço de madeira). O resíduo fino foi identificado, uma vez que era um material granulado, fácil de ser separado dos demais materiais.

Os fatores geradores foram identificados durante o processamento da madeira e da quantificação dos resíduos. Durante a observação do processamento da madeira há indícios do que pode ser um fator gerador para a empresa, que é confirmado na quantificação, com dados numéricos.

Um fator gerador importante está relacionado às características intrínsecas à espécie, que determinam em grande parte os resultados na secagem e no processamento. Além disso, a identificação é um dos requisitos da certificação florestal e o rastreamento na cadeia de custódia é baseado no volume por espécie.

Foi observada a frequência de defeitos apresentada pela madeira de sucupira no recebimento e após a secagem artificial. Essa análise permitiu, além de verificar a qualidade da matéria-prima antes e após a secagem, identificar os tipos de defeitos e sua amplitude, e relacionar com algumas perdas no processamento.

O tipo de espécie utilizada no processamento da madeira e sua condução durante a colheita, processamento primário e secagem artificial podem acarretar problemas que só serão percebidos no beneficiamento da madeira, quando há muito descarte de material em função de defeitos. Logo, saber qual a espécie, qual a sua condição antes e após a secagem artificial é muito importante para se saber qual foi a causa da geração de resíduo.

A identificação da espécie através da madeira é a base dos estudos de caracterização da madeira e sua utilidade no comércio, podendo apontar enganos e fraudes durante o seu uso (ZENID, 1997). Nela, alocam-se, no caso, vegetais, em uma

determinada categoria taxonômica. Isto é, sabendo-se qual é a espécie, inúmeras características inerentes a ela podem ser agrupadas e aí se pode direcionar a melhor utilização para aquela madeira (ZENID, 1997).

O exame macroscópico foi realizado com a vista desarmada e com o auxílio de uma lupa com foco fixo do tipo “conta-fios” de 10 vezes de aumento, examinando-se os 3 planos (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial) da madeira.

O corpo de prova foi polido para contrastar as suas células/tecidos. O polimento do bloco de madeira foi feito em um micrótomo de deslize. Primeiramente foi preparado o bloco de madeira nos 3 planos de estudo obedecendo a orientação dos elementos anatômicos. Posteriormente, foi realizado um preparo inicial da superfície dos planos, através do corte de seus elementos anatômicos com a navalha do micrótomo de deslize. As faces do corpo de prova foram polidas pelo atrito de suas superfícies na pedra de afiação de navalhas, de gramatura fina, previamente umedecida com água. A interpretação da estrutura anatômica macroscópica da madeira foi conduzida de acordo com as normas ABNT (Associação Brasileira de Normas técnicas) e COPANT (Comissão Pan-americana de Normas Técnicas).

2.2.6 Análise estatística

2.2.6.1 Amostragem

No processo de amostragem pretendeu-se, através da coleta das amostras da população, obter dados que a representassem. Logo, foi necessário conhecer a intensidade amostral, ou seja, o número mínimo de peças de madeira serrada (unidades amostrais) a serem coletadas, durante a quantificação, para que se pudesse avaliar o rendimento da fabricação de cadeiras na empresa estudada e, assim, estimar os parâmetros como média, variância e desvio padrão. Utilizou-se a amostragem simples aleatória, obtendo-se a média, os limites mínimo e máximo, o coeficiente de variação e a intensidade amostral da amostra para cada tipo de produto. O erro amostral desejado foi de 10%.

Na quantificação dos resíduos obtiveram-se dados de rendimento para o produto acabado, o material de aproveitamento, o resíduo grosso (descartado, eventualmente

utilizado como lenha) e o resíduo fino (descartado). Para se calcular a intensidade amostral foi aceito o n^* que tinha maior valor. Isto é, obteve-se um n^* para cada cadeira fabricada com madeira certificada e não certificada de dois modelos (4 combinações), para o produto acabado, para o material de aproveitamento, para o resíduo grosso e para o resíduo fino e o n^* que teve o maior valor dentre esses foi utilizado para se indicar a intensidade amostral.

Em função dessas 4 possíveis combinações foram chamadas de Produto 1 a 4 as cadeiras:

- Produto 1: cadeira fabricada com madeira certificada do modelo Ethos com braço;
- Produto 2: cadeira fabricada com madeira certificada do modelo Ethos sem braço;
- Produto 3: cadeira fabricada com madeira não certificada do modelo Ethos com braço;
- Produto 4: cadeira fabricada com madeira não certificada do modelo Ethos sem braço;

2.2.6.2 Estatística experimental

Foi adotado um experimento fatorial 2x2 inteiramente casualizado, em que os fatores são tipo de madeira (certificada e não certificada) e modelo de cadeira (modelo com braço e modelo sem braço). As cadeiras feitas com madeira certificada tiveram 24 repetições e as cadeiras feitas com madeira não certificada tiveram 32 repetições. O nível de significância utilizado foi de 5%.

Os dados de rendimento de produção para o produto acabado, em porcentagem, obtidos foram transformados em arcsen $[\text{RQ} (x/100)]$, onde RQ equivale a raiz quadrada. Alguns dados de porcentagem caíram abaixo de 15% e acima de 85% (PIMENTEL-GOMES, 2000), sendo necessária essa transformação. Os valores de rendimento transformados foram analisados através da análise de variância empregando-se o pacote estatístico R.

Foram utilizados os dados de rendimento para o produto acabado pois eram os dados que poderiam avaliar o rendimento da produção, já que se procura rendimentos maiores e com isso, menor geração de resíduos.

Os dados de rendimento obtidos para se calcular a intensidade amostral foram os mesmos para se fazer a análise de variância. A unidade experimental foi a peça de madeira serrada.

2.2.7 Quantificação dos resíduos

A quantidade de resíduo gerada foi utilizada como indicador de desempenho da produção, tanto ambiental como o administrativo.

Foi utilizado o método da quantificação diretamente no fluxo de produção. Esse método consistiu em acompanhar a peça de madeira serrada de determinada espécie de madeira, posteriormente à etapa de secagem em estufa, pois a madeira perde dimensões durante o processo de secagem (comprimento, largura e espessura) em função da perda de água.

O início da quantificação da geração de resíduos se deu com o início do processamento da madeira. Quantificaram-se os resíduos grossos e estimou-se a geração de resíduos finos.

A quantificação dos resíduos foi obtida por máquina, para que todos os fatores que influenciaram na geração de resíduos fossem analisados em detalhes.

Primeiramente, foi obtido o volume bruto de madeira seca (V_{bs}), que foi o volume de madeira que saiu da estufa para ser usinado. Com esse volume bruto iniciou-se o processamento da madeira, numa determinada máquina. Coletaram-se 60 peças de resíduo grosso, ao acaso, geradas nas diversas máquinas e posteriormente pesadas (Figura 4). Com isso, obteve-se, de acordo com a eq. (1), a massa específica média do resíduo grosso. Foram pesados todos os resíduos grossos (M_{trgm}) gerados de uma dada peça de madeira serrada, na máquina m . Com esse valor calculou-se o volume de resíduos grossos (eq. 2). Fazendo-se a diferença entre o volume que entrou (V_{bsm}) numa determinada máquina, com o volume útil produzido na máquina m (V_{um}) e o

volume de resíduos grossos (V_{trgm}) gerados em dada máquina, obteve-se o volume de resíduos finos (V_{tfm}) gerados numa determinada máquina (eq. 3).



Figura 4 - Pesagem dos resíduos

$$\rho = \frac{M_{rsem}}{V_{rsem}} \quad (1)$$

onde:

ρ = massa específica do material resíduo grosso, seco em estufa, à umidade de 12% em g/cm^3 ;

M_{rsem} = massa de resíduo grosso seco em estufa, g, produzidos na máquina m;

V_{rsem} = volume de resíduo grosso seco em estufa, cm^3 , produzidos na máquina m.

$$V_{trgm} = \frac{M_{trgm}}{\rho} \quad (2)$$

onde:

V_{trgm} = volume total de resíduos grossos produzidos na máquina m;

M_{trgm} = massa total de resíduos grossos produzidos na máquina m.

$$V_{tfm} = V_{bsm} - V_{pm} - V_{trgm} \quad (3)$$

onde:

V_{tfm} = volume total de resíduos finos produzidos na máquina m;

V_{bsm} = volume bruto seco produzido na máquina m;

V_{pm} = volume de produto produzido na máquina m;

V_{trgm} = volume total de resíduos grossos produzidos na máquina m.

2.2.8 Avaliação da madeira

Analisou-se a umidade da madeira. O teor de umidade na madeira influencia as propriedades físicas e mecânicas assim como a possibilidade de ataque por insetos e fungos xilófagos, limitando ou impossibilitando o seu uso (SANTOS, 2002). Essa foi observada para se saber se condiz com a umidade de equilíbrio da madeira utilizada na fabricação de móveis de interior. A faixa de variação de teor de umidade final recomendada nesse caso varia de 6 a 10% de umidade (JANKOWSKY, 1990).

A medição da umidade da madeira foi feita através do método gravimétrico. Nesse método as amostras de madeira foram pesadas e colocadas em estufa a 103 °C (± 2 °C) e pesadas depois de alcançado peso constante, obtendo-se, assim, a umidade da madeira.

O método gravimétrico ou método de secagem a 103 °C baseia-se nos valores de peso úmido e peso seco, acondicionados em estufa que dispõe de circulação forçada de ar e termostato, permitindo, assim, regular e manter a temperatura entre 101° C e 105 °C, e a balança, que possibilita a pesagem (JANKOWSKY, 1990).

Foram coletadas 60 amostras (30 amostras de madeira certificada e 30 amostras de madeira não certificada) para se obter o volume e o peso de cada amostra e fazer a

relação peso - volume. O volume foi obtido através de medição com auxílio de uma trena e de um paquímetro Mitutoyo - Digimatic Caliper.

2.2.9 A técnica da programação linear

Para se fazer uso dessa ferramenta foram levantados: (i) o objetivo do estudo e (ii) as limitações, restrições do modelo.

2.2.9.1 Descrição do problema

Foram concebidos dois cenários para que se pudesse fornecer um panorama econômico e de gestão dos resíduos para a empresa. No cenário 1 o objetivo central do modelo foi a otimização do lucro da empresa, que se referiu à determinação da quantidade ótima de diferentes cadeiras a serem fabricadas. As restrições foram: mercado consumidor, estoque de matéria-prima, espaço de armazenamento do produto acabado e geração de resíduos. No cenário 2 o objetivo central do problema foi a otimização da geração de resíduos pela empresa, referindo-se à determinação da quantidade ótima de diferentes cadeiras a serem fabricadas. As restrições foram: mercado consumidor, estoque de matéria-prima, espaço de armazenamento do produto acabado e lucro.

Para a resolução do problema de programação linear foi utilizado o programa Lindo 6.1 for Windows, baseado no método simplex.

2.2.9.2 Modelo conceitual estabelecido

Para se estabelecer uma função objetivo a ser otimizada, entendeu-se, claramente, o processo produtivo. Para isso, foram elaborados fluxogramas dos fluxos de produção. Os resíduos gerados foram identificados através de observações *in loco*, para cada operação realizada, Após a caracterização do sistema de produção, pela qual foram identificadas todas as interações possíveis entre máquinas e todas as combinações possíveis de produtos, foram definidos os critérios quantitativos para

obtenção dos rendimentos característicos dos processos, diretamente nos fluxos de produção.

2.2.9.3 Especificação do modelo

Foram elaborados dois cenários para representar a empresa. No primeiro cenário o modelo adotado referiu-se à maximização de uma função objetivo, que representou o lucro, para se chegar ao número ótimo de cadeiras a serem fabricadas pela empresa, em um determinado período de tempo, sujeita a várias restrições de ordem física e comportamental. No segundo cenário o modelo adotado referiu-se à minimização de uma função objetivo, que representou a geração de resíduo, para se chegar ao número ótimo de cadeiras a serem fabricadas pela empresa, em um determinado período de tempo, sujeita a várias restrições de ordem física e comportamental.

Apresenta-se, a seguir, a especificação das equações e inequações relativas aos modelos propostos.

2.2.9.3.1 Cenário 1

2.2.9.3.1.1 Função objetivo

$$Max Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - C_{ij}) * x_{ij} \quad (4)$$

onde:

i = tipo de madeira utilizada, sendo i = 1 relacionado à madeira certificada, e i = 2 relacionado à madeira não certificada;

j = modelo de cadeira, sendo j = 1 relacionado ao modelo Ethos com braço, e j = 2 relacionado ao modelo Ethos sem braço;

x_{ij} = quantidade (número) de cadeiras feitas com a madeira i do modelo j a ser fabricada em 1 mês;

P_{ij} = preço de venda da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j;

C_{ij} = custo de produção da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

Z = lucro máximo obtido em 1 mês.

2.2.9.3.1.2 Restrições

2.2.9.3.1.2.1 Restrição de mercado consumidor

$$x_{ij} \leq A_{ij} \quad (5)$$

onde:

A_{ij} = número máximo de cadeiras fabricadas com a madeira i do modelo j vendidas em, 1 mês.

2.2.9.3.1.2.2 Restrição de estoque de matéria-prima

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * R_{ij} \leq B \quad (6)$$

onde:

R_{ij} = rendimento de produção, quantidade em m^3 , de madeira bruta utilizada para produzir 1 unidade da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

B = total de madeira estocada em 1 mês.

2.2.9.3.1.2.3 Restrição de espaço de armazenamento do produto acabado

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * D_j \leq E \quad (7)$$

onde:

D_j = área que uma unidade da cadeira fabricada do modelo j ocupa, em m^2 /produto;

E = área total disponível na empresa, em m^2 , para o armazenamento de produtos.

2.2.9.3.1.2.4 Restrição de geração de resíduo

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * K_{ij} \leq O \quad (8)$$

onde:

K_{ij} = quantidade de resíduo gerada, em m^3 , para fabricar 1 unidade da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

O = quantidade máxima, em m^3 , que pode ser gerada de resíduo em um mês.

2.2.9.3.2 Cenário 2

2.2.9.3.2.1 Função objetivo

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * K_{ij} \quad (9)$$

onde:

i = tipo de madeira utilizada, sendo $i = 1$ relacionado à madeira certificada, e $i = 2$ relacionado à madeira não certificada;

j = modelo de cadeira, sendo $j = 1$ relacionado ao modelo Ethos com braço, e $j = 2$ relacionado ao modelo Ethos sem braço;

x_{ij} = quantidade (número) de cadeiras feitas com a madeira i do modelo j a ser fabricada em 1 mês;

K_{ij} = quantidade de resíduo gerada, em m^3 , para fabricar 1 unidade da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

Z = quantidade mínima de resíduo gerada em 1 mês, em m^3 .

2.2.9.3.2.2 Restrições

2.2.9.3.2.2.1 Restrição de mercado consumidor

$$x_{ij} \leq A_{ij} \quad (10)$$

onde:

A_{ij} = número máximo de cadeiras fabricadas com a madeira i do modelo j vendidas em, 1 mês.

2.2.9.3.2.2 Restrição de estoque de matéria-prima

$$\sum_{j=1}^2 x_{ij} * R_{ij} \leq B_i \quad (11)$$

onde:

R_{ij} = rendimento de produção, quantidade em m^3 , de madeira bruta utilizada para produzir 1 unidade da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

B_i = total de madeira estocada em 1 mês.

2.2.9.3.2.2.3 Restrição de espaço de armazenamento do produto acabado

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * D_j \leq E \quad (12)$$

onde:

D_j = área que uma unidade da cadeira fabricada do modelo j ocupa, em m^2 /produto;

E = área total disponível na empresa, em m^2 , para o armazenamento de produtos.

2.2.9.3.2.2.4 Restrição de lucro

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - C_{ij}) * x_{ij} \geq L \quad (13)$$

onde:

P_{ij} = preço de venda da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

C_{ij} = custo de produção da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

L = lucro mínimo necessário para que a fábrica funcione, em R\$/mês.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Caracterização da indústria

A empresa estudada era familiar, de pequeno porte, capital nacional e que operava há cerca de 3 anos. Seu quadro de funcionários era composto por 15 trabalhando diretamente na produção, sendo 4 ajudantes, 10 marceneiros e 1 pintor. Apenas 1 funcionário possuía curso de marceneiro, os demais eram autodidatas.

Não há distinção de funções para os marceneiros. Todos os funcionários operavam todas as máquinas e podiam executar todo tipo de operação, com exceção dos ajudantes e aprendizes. Os pintores eram especializados nesse tipo de atividade, não exercendo nenhuma outra.

Não foi observada uma especialização por tipo de produto. Sua produção se baseava em móveis de alta qualidade, produzidos sob encomenda e comercializados em lojas especializadas na cidade de São Paulo. Os principais produtos fabricados foram: balcões, cadeiras, estantes, racks, mesas, camas, bancos e aparadores, além de projetos particulares. Predominava a produção de móveis residenciais, mas também executavam móveis institucionais e de escritório.

Na produção dos móveis foram utilizadas tanto madeira certificada como não certificada, porém a primeira em maior escala.

A madeira certificada estudada foi proveniente de comunidades que conseguiram a certificação do manejo florestal no Estado do Acre. Essa compra ocorreu através da organização de alguns consumidores de madeira certificada (micro e pequenas empresas de móveis e objetos de madeira), que se aglutinaram para conseguir um volume de madeira que viabilizasse o transporte do Acre para São Paulo.

A aquisição de madeira nativa certificada tem sido um problema para essas empresas. As grandes madeireiras exportam sua produção, pois os preços no mercado internacional são mais compensadores. Ao mercado interno resta a madeira produzida por comunitários, que também enfrentam grandes dificuldades para cumprir prazos, viabilizar transporte e produzir madeira serrada de qualidade.

Considerando esse cenário, na aquisição da madeira serrada não houve a preocupação com a qualidade da matéria-prima, isto é, não foram especificadas medidas para as peças brutas (comprimento, largura e espessura), nem adotados critérios para limite de incidência de defeitos na madeira (nó, alburno, caruncho, manchas, por exemplo). A única preocupação da empresa foi com a origem e o preço da madeira (certificada ou não).

A compra de matéria-prima variou em função do mercado consumidor, muito susceptível a tendências de consumo do momento, e em função da oferta de madeira certificada.

A madeira não certificada foi proveniente do Estado do Pará. Nesse caso foram adotados critérios quanto às dimensões, para a compra: comprimento (1,00 a 1,70 m), largura (12 a 15 cm) e espessura (3 a 4 cm).

A capacidade produtiva instalada para madeira maciça era de 60 m³/ano, porém a empresa estava operando abaixo desse valor, cerca de 48 m³/ano, em função da demanda. Do total de madeira processada, a empresa estimava seu rendimento em 50%.

As instalações físicas constavam de um galpão de alvenaria com 1.000 m². O espaço era dividido em: área de recepção e estocagem da matéria-prima; área de produção (usinagem, pintura e montagem); área de estocagem de componentes e produtos acabados; área administrativa.

Os equipamentos utilizados na produção foram serras circulares, serras-de-fita, tupias, desempenadeiras, desengrossadeiras, respigadeiras, lixadeiras e prensas. Essas máquinas são base para a fabricação de produtos de madeira, a sua manutenção e o seu tempo de uso interferem na maior ou menor geração de resíduos. Uma ferramenta de máquina com muito tempo de uso e com pouca manutenção, principalmente da serra, irá ocasionar uma maior geração de resíduos em função da falta de corte. Uma ferramenta de máquina com boa manutenção irá gerar menor quantidade de resíduos por apresentar uma afiação adequada e um bom desempenho do equipamento.

No caso em estudo, grande parte das máquinas foi adquirida de segunda-mão e não foi identificado nenhum programa de manutenção. A afiação de ferramentas de

cutte ocorria de acordo com a necessidade identificada pelo funcionário que operava a máquina no momento.

Pelas suas características, a empresa é representativa das micro e pequenas indústrias moveleiras nacionais: pouco especializada, verticalizada, com mão-de-obra pouco especializada, produção bastante artesanal, baixo nível tecnológico e altamente dependente do mercado.

2.3.2 Fluxograma da produção

A madeira certificada foi recebida com medidas não padronizadas, especialmente a espessura, que variou de 4 a 8 cm. Já a não certificada apresentou medidas padronizadas, com 1,00 a 1,70 m de comprimento, 12 a 15 cm de largura e 3 a 4 cm de espessura. Em função, principalmente da diferença na espessura da matéria-prima certificada e não certificada com relação às especificações das peças dos produtos, foi observado, na fase de preparação da matéria-prima, diferenças nas operações (Figura 5).

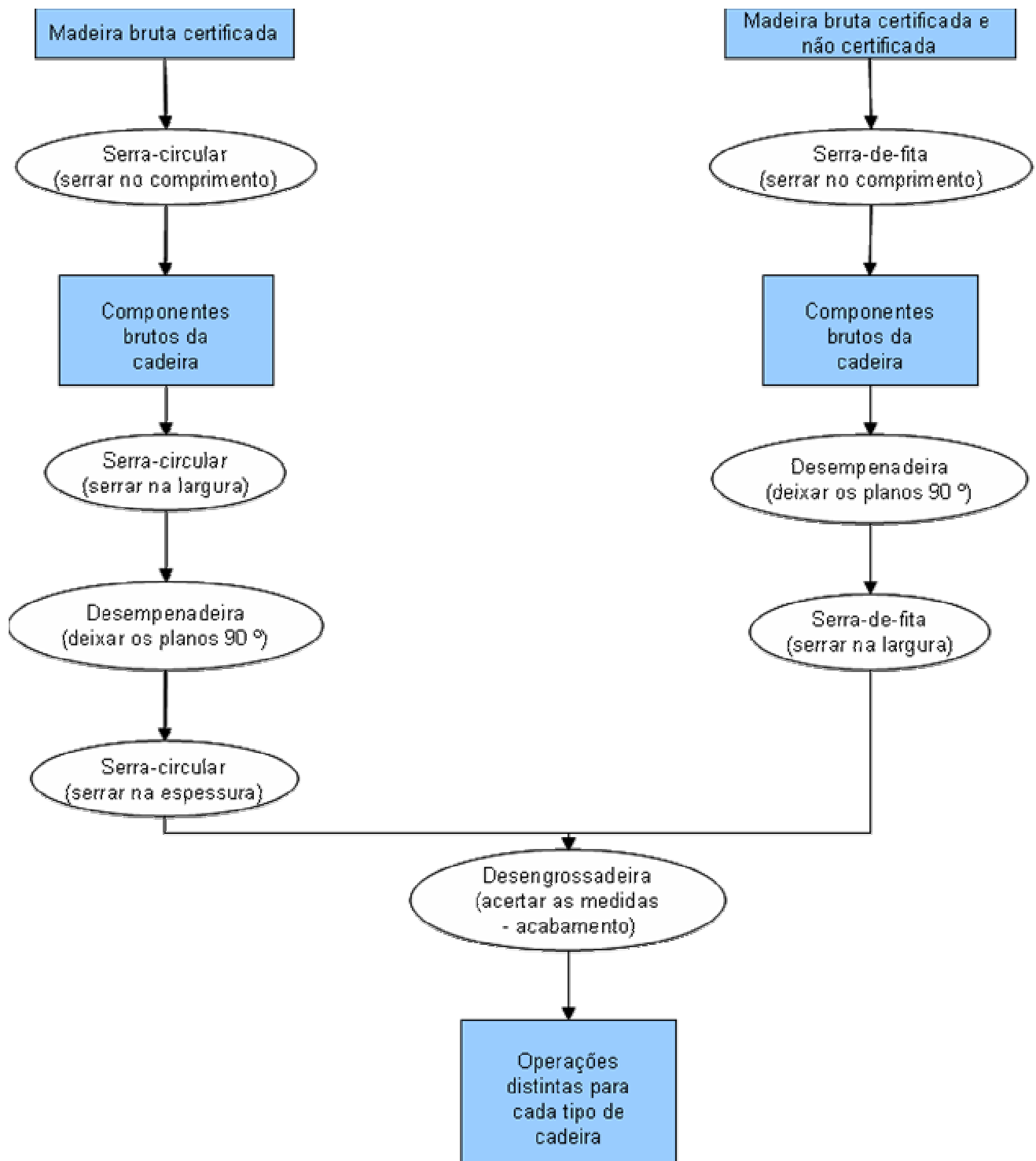


Figura 5 - Fluxograma com as operações da fase de preparação da matéria-prima

A falta de critério no dimensionamento da matéria-prima, em função do produto resultou no aumento do número de operações, maior geração de resíduos, gasto de energia, de tempo e de mão-de-obra.

Constatou-se um número maior de operações para deixar a peça de madeira nas medidas requeridas pelos produtos. Houve a passagem da peça três vezes pela serra circular: a primeira, tirando a medida no comprimento; a segunda, na largura e a terceira, na espessura. Essa operação seria desnecessária se houvesse especificação para a madeira bruta em função das dimensões dos componentes do produto.

Após a fase de preparação da matéria-prima, iniciaram-se as operações de transformação específicas para cada modelo de cadeira.

As cadeiras em estudo foram originárias de um mesmo conceito, aplicado em um modelo com braço e outro sem braço. Isso resultou em diferenças nas operações de processamento (Figuras 6 e 7).

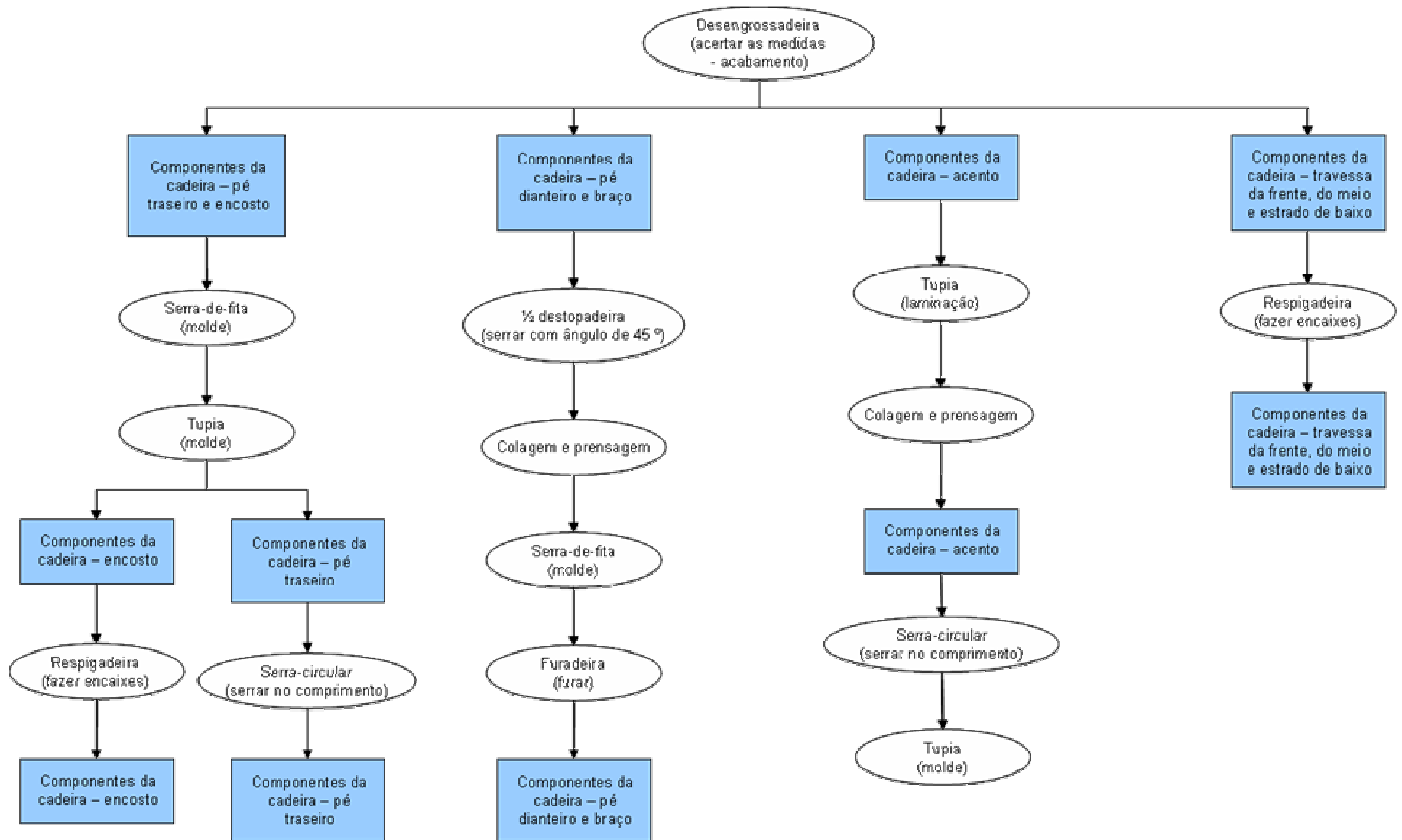


Figura 6 - Fluxograma das operações da fase de transformação da matéria-prima para o modelo Ethos com braço (Produtos 1 e 3)

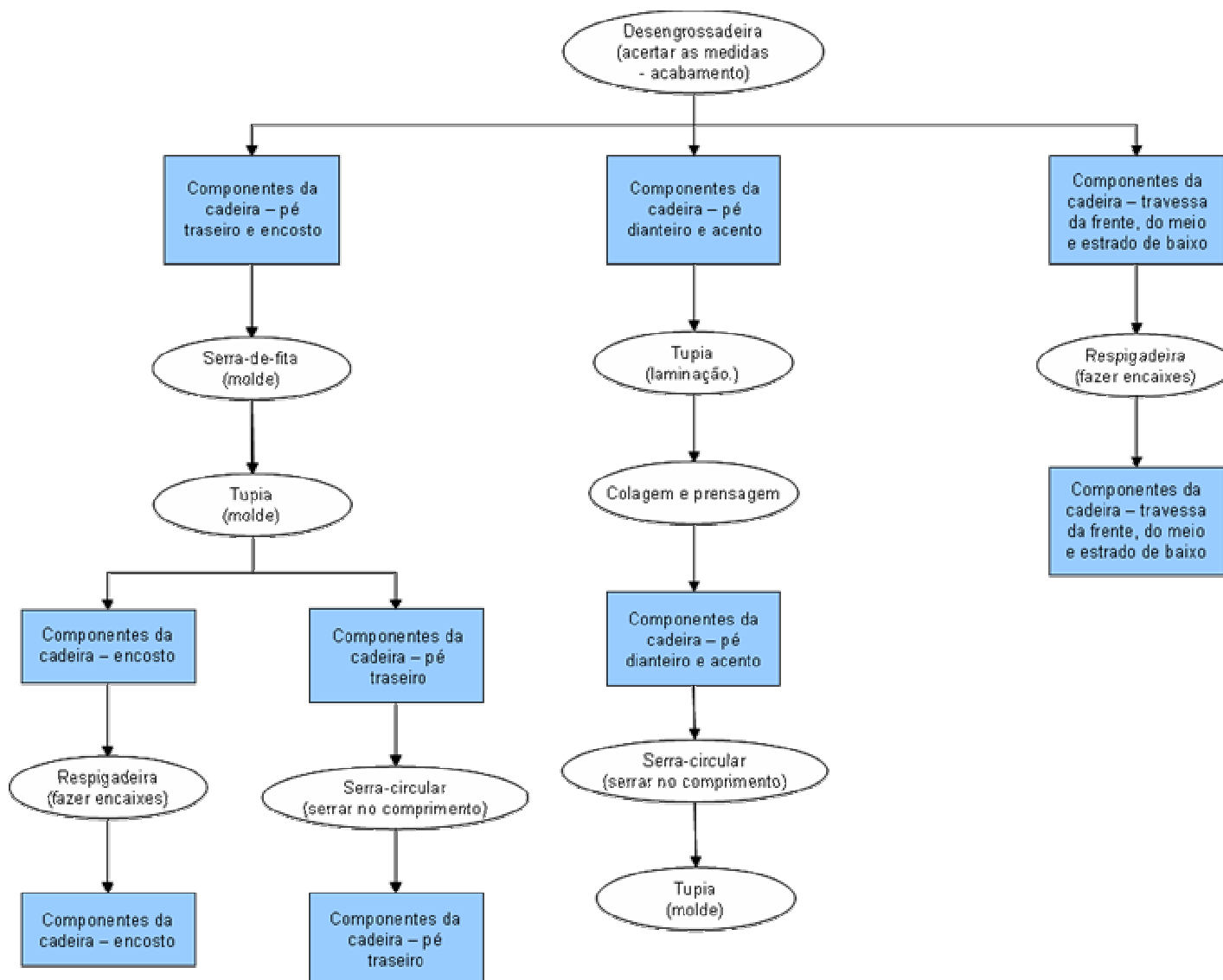


Figura 7 - Fluxograma das operações da fase de transformação da matéria-prima para o modelo Ethos sem braço (Produtos 2 e 4)

Os componentes da cadeira com braço são maciços, apenas o assento é feito de madeira laminada colada, em função da curvatura requerida para esse componente. A cadeira sem braço possui o assento e o pé dianteiro em madeira laminada colada (Figura 8). O projeto original foi concebido considerando os pés dianteiros maciços, porém esses não suportaram os esforços mecânicos, o que resultou na ruptura do componente. Por esse motivo optou-se por fazer laminado.

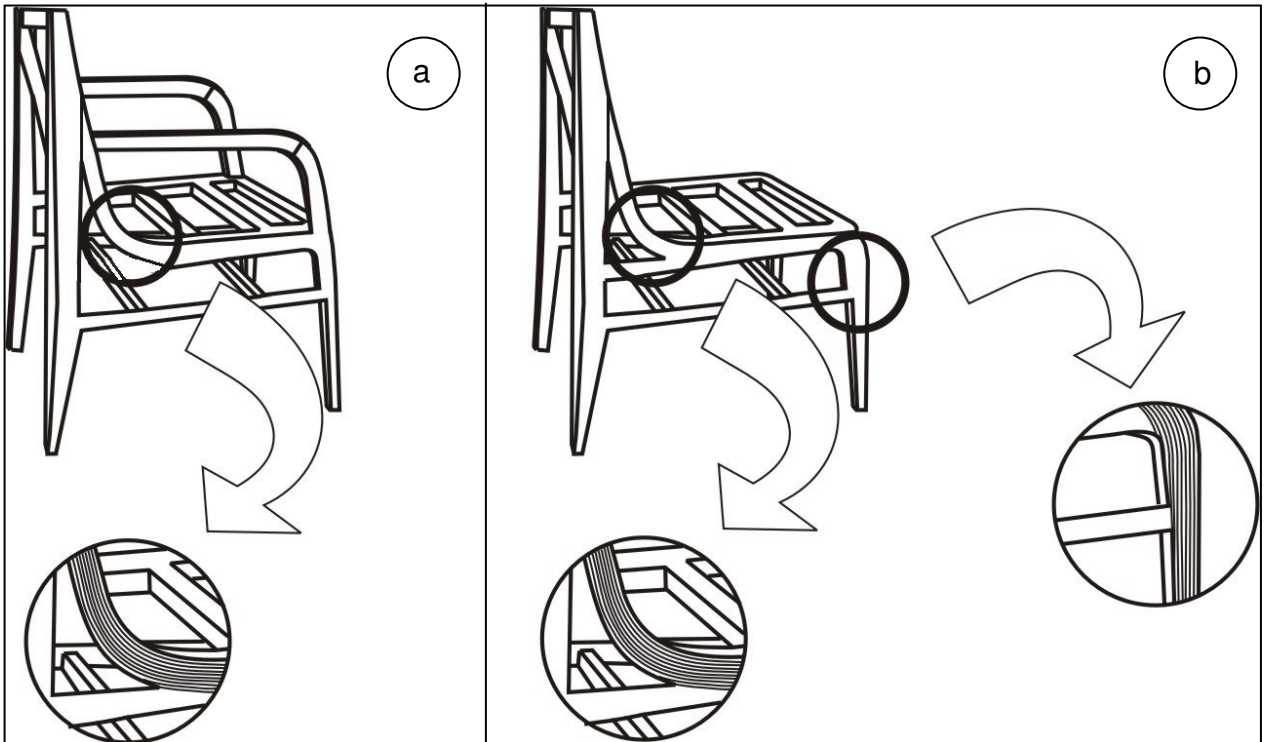


Figura 8 - Componentes das cadeiras, cadeira com braço (a), cadeira sem braço (b)

A madeira laminada colada atendeu aos atributos de esforços mecânicos, porém, resultou no aumento de operações, no tempo de produção, no emprego de mão-de-obra, no desgaste de ferramentas e máquinas e na maior geração de resíduos. Fatores que poderiam ser considerados na concepção do projeto.

2.3.3 Identificação e classificação dos resíduos e dos fatores geradores

Os resíduos identificados foram classificados como finos (cavacos, maravalha, serragem e pó) e como grossos (peças desclassificadas, com defeito, destopos de peças de madeira serrada, como por exemplo, tábuas). O resíduo fino (Figura 9 b) (Quadro 1) foi gerado em todas as máquinas, exceto nas prensas, diferenciando a sua proporção por máquina. O resíduo grosso (Figura 9 a) (Quadro 1) foi gerado na serra circular, na serra-de-fita, na tupia (quando se usou a ferramenta serra circular) e na respigadeira. O material de aproveitamento foi gerado nas máquinas serra circular, serra-de-fita e respigadeira.

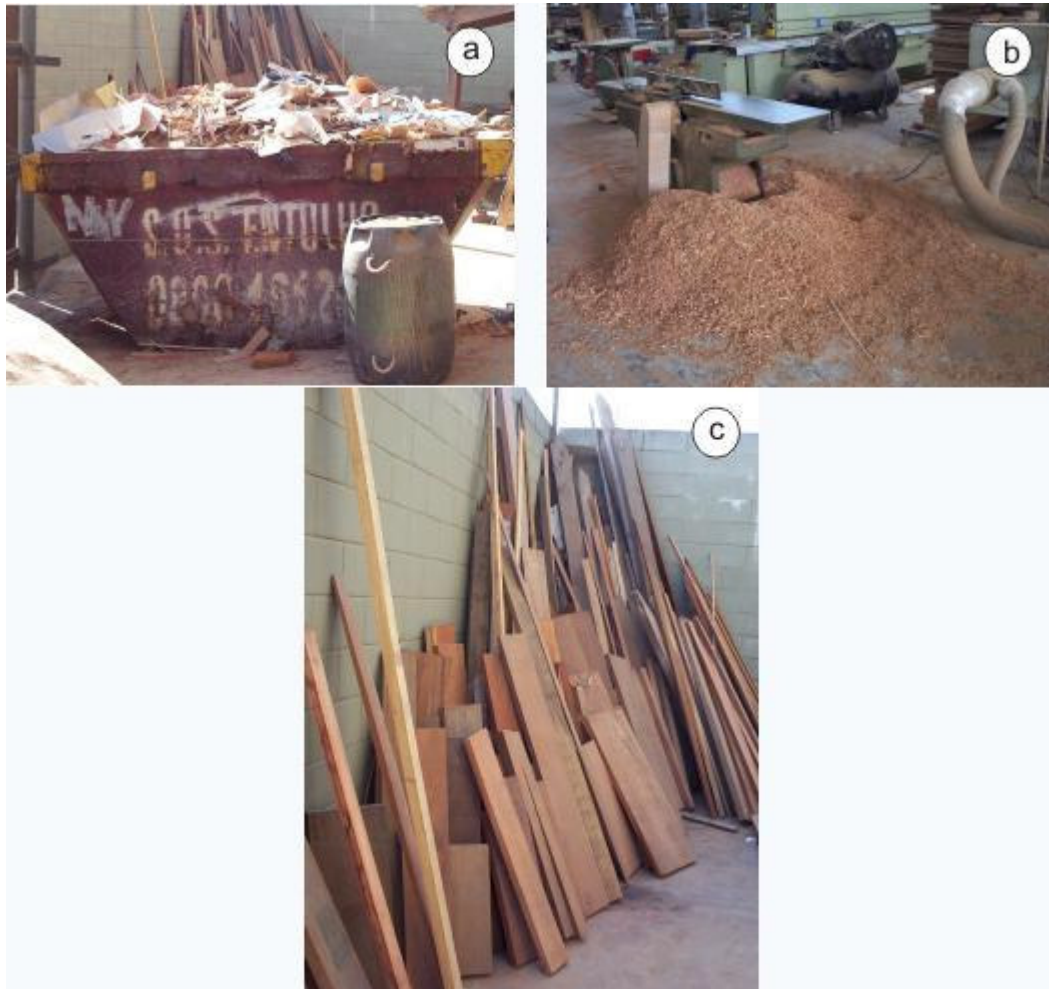


Figura 9 - Material quantificado, resíduo grosso armazenado (a), resíduo fino (b), material de aproveitamento (c)

Os processos produtivos se baseiam em três componentes: (i) matéria-prima e insumos, (ii) equipamentos e processos de produção e (iii) mão-de-obra operacional e gerencial. A qualidade do produto final é função desses três fatores e a falha em qualquer um desses fatores depreciará o seu padrão de qualidade (JANKOWSKY, 1991) ou irá fazer com que haja um gasto maior de matéria-prima, equipamento e mão-de-obra. Esses três fatores influenciaram na geração de resíduos, pois são a base do processo produtivo. Logo, a observação de cada um deles apontou falhas no processo de produção que podem ser corrigidas visando a minimização da geração de resíduos. Além desses, outro fator que pode contribuir na determinação do tipo e volume de resíduos é o mercado.

(continua)

Tipo de operação	Fator gerador de resíduo	Tipo de resíduo
1 – Recebimento da matéria-prima	- sem critérios de controle de qualidade da madeira na compra e no recebimento	- material de aproveitamento - resíduo grosso
2 – Secagem da madeira em estufa	- falta de programa adequado de secagem para as diferentes espécies	- material de aproveitamento - resíduo grosso
3 – Fase de preparação da matéria-prima: corte da peça de madeira no comprimento, para diferentes componentes em madeira certificada (serra circular)	- defeito nas peças - falta de adequação entre a dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - operação de serrar	- material de aproveitamento - resíduo grosso - resíduo fino
4 – Fase de preparação da matéria-prima: corte da peça de madeira na largura, para diferentes componentes em madeira certificada (serra circular)	- defeito nas peças - dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - operação de serrar	- material de aproveitamento - resíduo grosso - resíduo fino
5 – Fase de preparação da matéria-prima: corte da peça de madeira na espessura, para diferentes componentes em madeira certificada (serra circular)	- dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - operação de serrar	- resíduo grosso - resíduo fino
6 – Fase de preparação da matéria-prima: corte da peça de madeira no comprimento, para diferentes componentes em madeira certificada e não certificada (serra-de-fita)	- defeito nas peças - dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - operação de serrar	- material de aproveitamento - resíduo grosso - resíduo fino
7 - Fase de preparação da matéria-prima: corte da peça de madeira na largura, para diferentes componentes em madeira não certificada (serra-de-fita)	- dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - operação de serrar	- resíduo fino
8 – Fase de preparação da matéria-prima: corte da peça de madeira na largura, para diferentes componentes em madeira não certificada (tupia)	- dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - operação de serrar	- resíduo fino
9 – Fase de transformação da matéria-prima: laminação da peça de madeira, para diferentes componentes em madeira certificada e não certificada (tupia)	- incompatibilidade entre o design da cadeira e as propriedades mecânicas da matéria-prima - operação de laminar	- resíduo grosso - resíduo fino
10 – Fase de transformação da matéria-prima: acertar o tamanho da peça de madeira serrada, largura ou espessura, para diferentes componentes em madeira certificada e não certificada (plaina desengrossadeira)	- dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - operação de desengrossar	- resíduo fino
11 – Fase de transformação da matéria-prima: corte da peça de madeira a fim de obter uma peça arredondada, para diferentes componentes em madeira certificada e não certificada (serra-de-fita)	- dimensão das peças brutas em relação à dimensão do componente - design da cadeira - operação de serrar	- material de aproveitamento - resíduo grosso - resíduo fino

Quadro 1 - Tipos de resíduos gerados pelas operações na fabricação de cadeiras

(conclusão)		
Tipo de operação	Fator gerador de resíduo	Tipo de resíduo
12 – Fase de transformação da matéria-prima: utilização da fresa para acertar as medidas na peça de madeira, para diferentes componentes em madeira certificada e não certificada (tupia)	- operação de acabamento - defeito na peça - operação de fresamento	- resíduo grosso - resíduo fino
13 – Fase de transformação da matéria-prima: fresamento de topo, para diferentes componentes em madeira certificada e não certificada (respigadeira dupla)	- operação de fresamento - dimensão das peças	- material de aproveitamento - resíduo grosso - resíduo fino
14 – Fase de acabamento da matéria-prima: lixamento da peça de madeira, para diferentes componentes em madeira certificada (lixadeira de cinta vertical)	- operação de lixamento	- resíduo fino

Quadro 1 - Tipos de resíduos gerados pelas operações na fabricação de cadeiras

2.3.3.1 Qualidade da matéria-prima

A qualidade da matéria-prima é afetada por defeitos inerentes à espécie, condições de colheita, condições de processamento primário, condições de secagem, condições de empilhamento e estocagem (na floresta e demais locais ao longo da cadeia produtiva), relação entre as dimensões da peça de madeira serrada e medidas inadequadas para determinado tipo de produto ou componente (ULIANA; NOLASCO; GARCIA, 2003).

Considerando que a espécie pode influenciar na geração de resíduos, uma vez que há defeitos que são inerentes a cada espécie, foi feita a identificação da madeira certificada e não certificada até o nível de gênero.

Para a madeira certificada os gêneros observados foram: *Bowdichia* sp. (sucupira preta) (Figura 10 a) e *Diploptropis* sp. (sucupira parda) (Figura 10 b), ambos da família Leguminosae. Para a não certificada, somente *Bowdichia* sp.

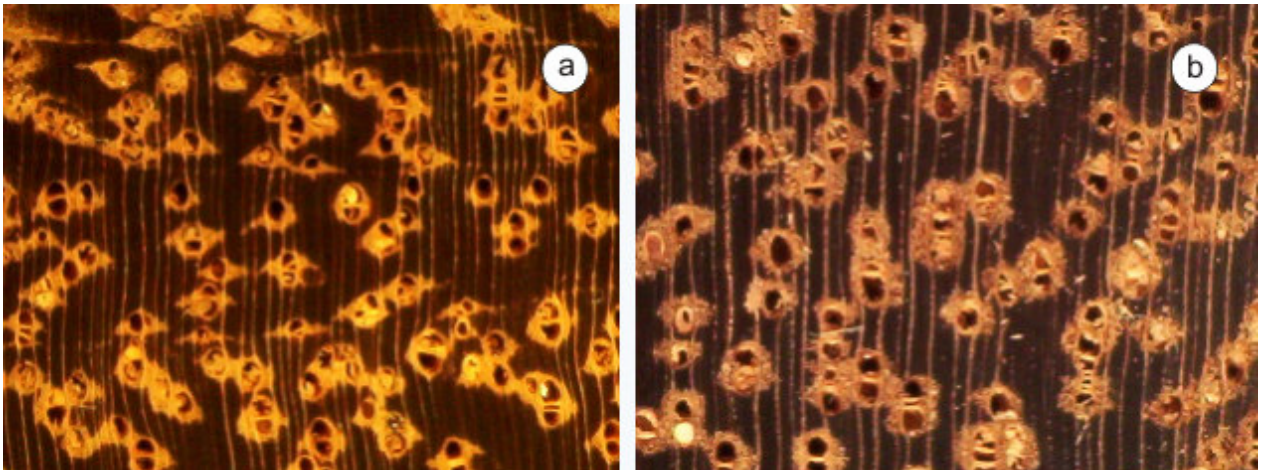


Figura 10 - Espécies utilizadas na coleta de dados, sucupira preta (a), sucupira parda (b)

Os defeitos na madeira estudada foram: nós (Figura 11 a e d), grã (Figura 11 a), rachadura de superfície (Figura 11 b), madeira estrondada (Figura 11 b), caruncho (Figura 11 c), brançal (Figura 11 e), manchas (Figura 11 f), empenamento em canoa (Figura 11 g), rachadura de topo (Figura 11 h), e empenamento torcido (Figura 11 i).

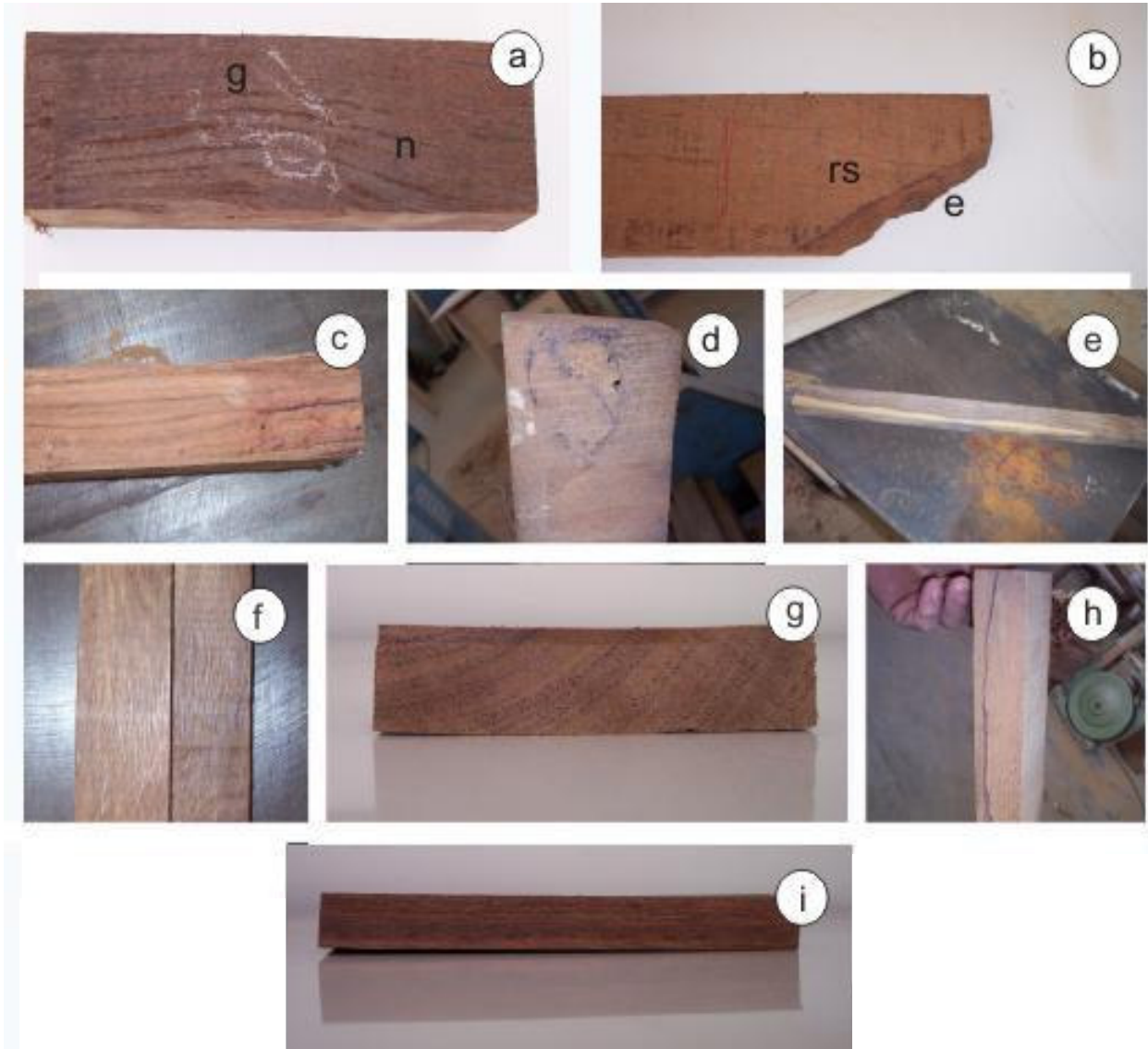


Figura 11 - Defeitos da madeira, n (nó) e g (grã) (a); rs (rachadura de superfície) e e (estrandado) (b); caruncho (c); nó (d); brancal (e); manchas (f); empenamento em canoa (g), rachadura de topo (h); empenamento torcido (i)

Os defeitos apresentados pela madeira de sucupira influenciaram negativamente a geração de resíduos. Em função de sua presença houve o descarte de pedaços (resíduo grosso) ou uma maior geração de material de aproveitamento nas operações de preparação da matéria-prima.

Além disso, foi possível observar a imprecisão no processo de identificação das espécies para certificação do manejo florestal. As espécies foram comercializadas pelas comunidades como sucupira preta e sucupira amarela (*Sweetia* sp. - Leguminosae). Na verdade, além dessas, observou-se a presença de sucupira parda. Esse fato indica que está ocorrendo a extração de espécies que não constam no plano de corte da área de manejo, apesar do inventário 100%, o que contraria os princípios do manejo florestal certificado que garante a conservação da floresta com base em um censo da área a ser explorada e na demarcação das árvores a serem retiradas em função do número e da espécie.

A madeira não certificada de sucupira é comercializada, principalmente, com o nome de sucupira, não complementando com preta, amarela ou parda. Isso faz com que o leque de espécies aumente, já que o nome não restringe a espécie, como é o caso de madeira certificada.

Em algumas peças de madeira ocorreu a incompatibilidade entre madeira bruta e componentes do produto acabado. Isso acarretou, na fase de preparo da matéria-prima, perda de material bruto em forma de resíduo grosso, além de aumentar o número de operações, gerando mais resíduo fino.

Esse problema ocorreu principalmente na relação da espessura da peça de madeira bruta com as dimensões dos componentes. Isso se deu somente na madeira certificada, que foi adquirida com espessura variando entre 6 e 8 cm, quando o indicado para movelaria é de 3 a 4 cm. Isso gerou uma perda de até 3 cm de espessura de madeira em forma de resíduo grosso e resíduo fino.

A secagem e a estocagem da madeira bruta, são operações que também influenciam na qualidade da matéria-prima e nos tipos e nos volumes de resíduos gerados.

Após a secagem a umidade da madeira foi mensurada através do método gravimétrico e obteve-se um valor médio de 12,8%, para a madeira certificada. Para a madeira não certificada a umidade média obtida foi de 8,9%. Os dois tipos foram secos em estufa, provavelmente com diferentes programas de secagem.

Durante a secagem da madeira ocorre uma movimentação natural nos três planos (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial). Tanto a secagem ao ar

livre como a secagem em estufa, resultam em defeitos nas peças de madeira (rachaduras de superfície, rachaduras de topo, rachaduras em favos, colapso, empenamentos) (JARA, 1987). Os tipos de defeitos e a incidência variam com a espécie e com o programa de secagem, além do empilhamento. E influenciam no rendimento final do produto, pois quanto menor a incidência de defeitos na matéria-prima, não considerando outros fatores, maior o rendimento.

A análise qualitativa da madeira certificada antes da secagem apontou os defeitos: caruncho, brancal, nó, podridão, mancha, rachadura em favos, rachadura de topo, rachadura de superfície, empenamento e erro no destopo (Figura 12).

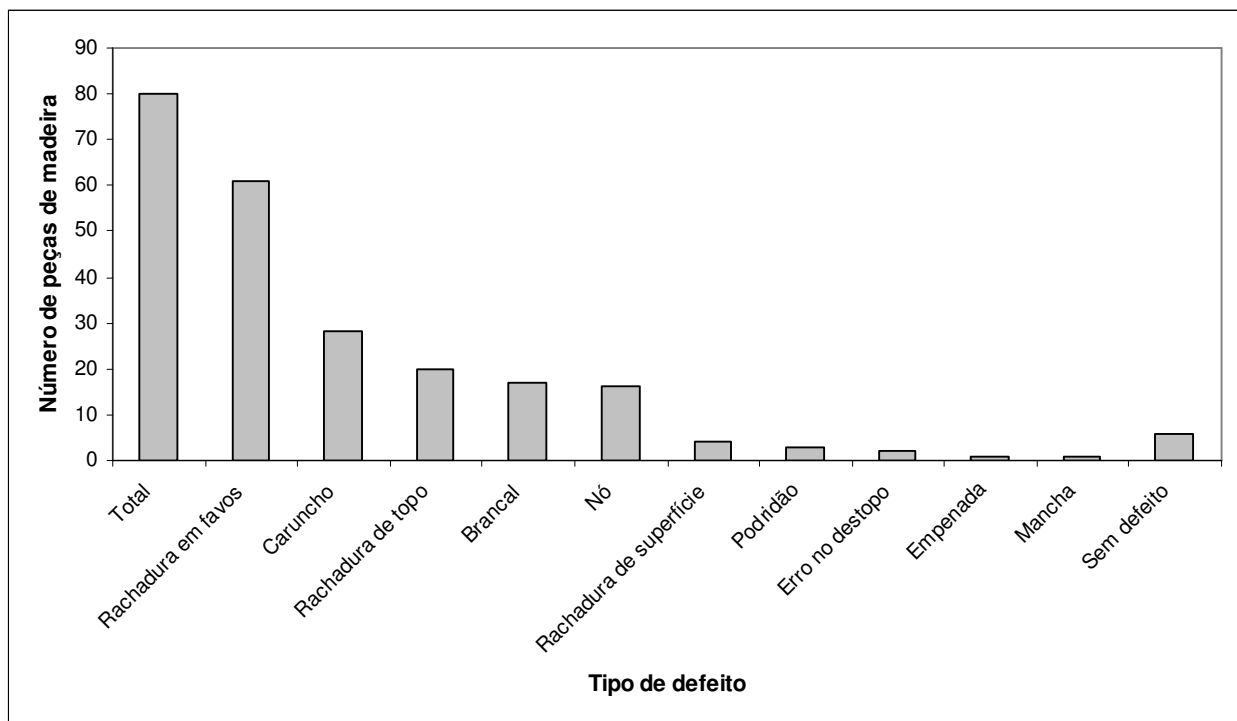


Figura 12 - Frequência de defeitos na madeira de sucupira antes de ser submetida à secagem artificial

A Figura 13 mostra os resultados da análise da frequência de defeitos na madeira certificada após a secagem. A secagem não foi conduzida de maneira correta. Espécies diferentes foram submetidas a um mesmo ambiente de secagem. Condições de temperatura, umidade e tempo de exposição que podiam ser brandas para algumas espécies e extremamente agressivas para outras.

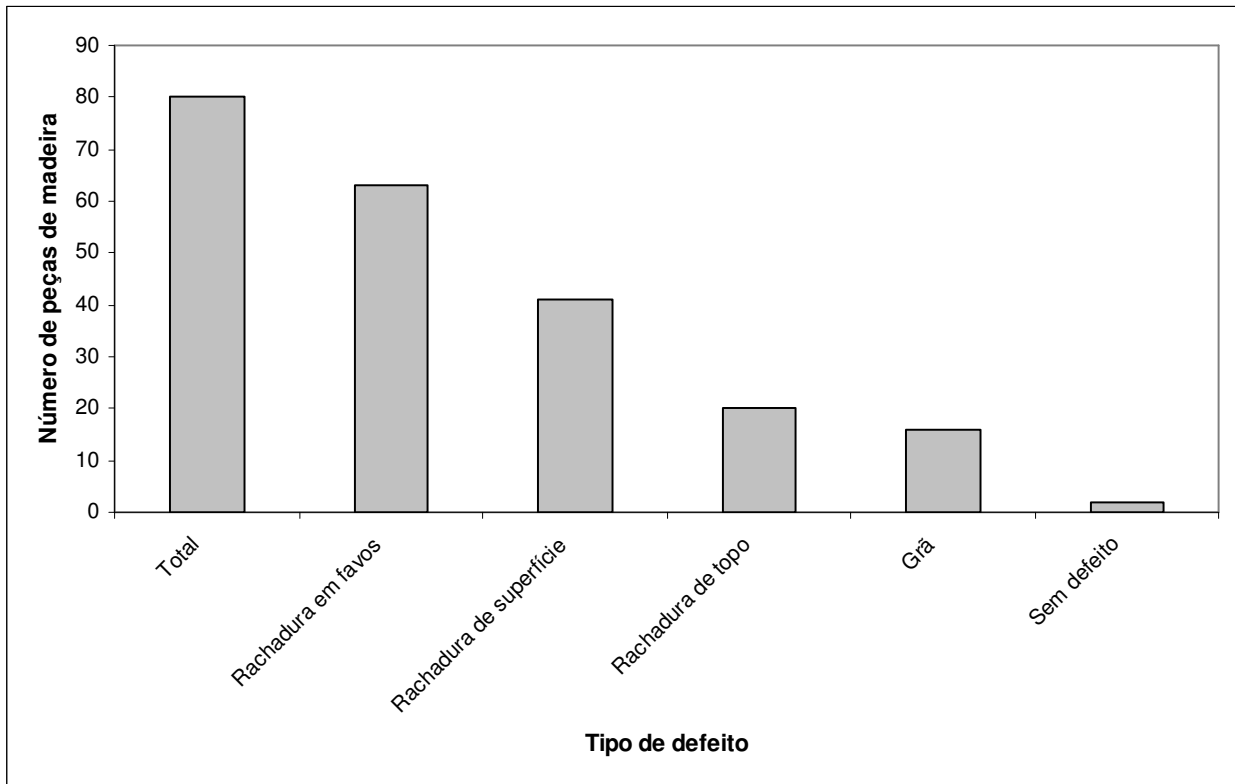


Figura 13 - Frequência de defeitos na madeira de sucupira após ser submetida à secagem artificial (b)

Houve um aumento de rachaduras de superfície e maior evidência de grã reversa, antes imperceptível.

Apesar da dificuldade em quantificar e relacionar os defeitos de secagem com o processamento, não se pode ignorar a necessidade de uma série de transformações das peças da madeira para eliminação dos defeitos visíveis, decorrentes da secagem inadequada.

Outro fator relacionado à qualidade da madeira e perdas no processo é a condição de estocagem da madeira antes e depois da secagem. É no pátio que a madeira pode secar naturalmente (quando se tem tempo disponível para isso) ou ser armazenada da melhor maneira possível. Quando a madeira é seca em estufa, o ideal seria sua usinagem imediata. Se isso não ocorrer, essa deve ser armazenada em local coberto e bem ventilado e corretamente empilhada. Isso irá diminuir a incidência de defeitos e fará com que a madeira mantenha a umidade da secagem. A conservação da

umidade de secagem é muito importante, pois diminui as chances da madeira se movimentar quando transformada em produto final, o que mantém a qualidade do produto e reduz perdas.

A madeira não certificada não foi estocada na empresa. A facilidade em obter esse material no mercado, o espaço reduzido, a baixa demanda e a necessidade de não se misturar madeira certificada e não certificada para obtenção da certificação da cadeia de custódia, são os motivos que justificam essa prática.

O empilhamento da madeira certificada foi ineficiente. O local para estocagem, apesar de coberto, possuía uma área insuficiente e uma abertura no telhado, que permitia a entrada de água da chuva diretamente sobre parte do material estocado. Os separadores (tabiques) eram insuficientes, mal distribuídos e com dimensões inadequadas. Como resultado, não havia espaçamento adequado entre as peças que permitisse a ventilação. No caso de madeiras brancas, isso favorece a incidência de fungos manchadores. A má distribuição favoreceu o empenamento nas pontas (Figura 14).

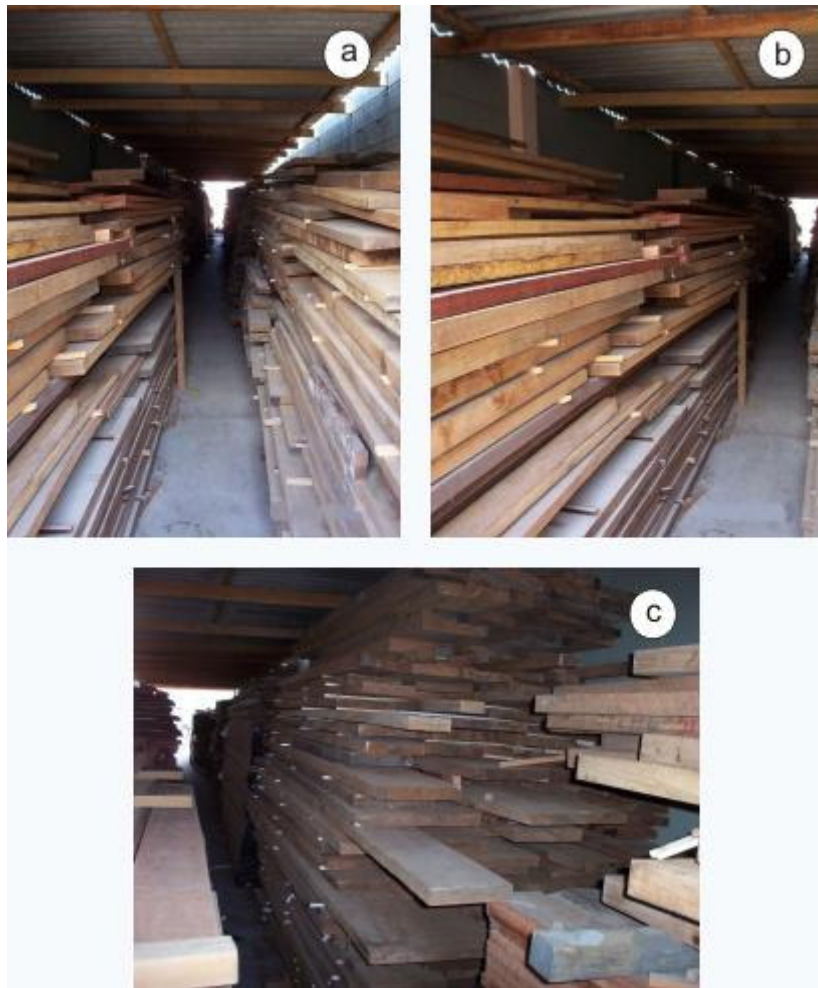


Figura 14 - Tipo de empilhamento adotado pela empresa, detalhe do espaço para empilhamento da madeira (a), disposição dos separadores (tabiques) (b), defeitos decorrentes da estocagem e do empilhamento (c)

2.3.3.2 Equipamentos e processos de produção

A espessura do corte da serra influencia no aproveitamento do material, pois quanto maior o seu calibre, maior será a geração de resíduo fino. A geração desse resíduo pode ser aumentada se houver deficiência na afiação, tensionamento e vibrações, pois afastam as serras da linha de corte (JARA, 1987). Além disso, a qualidade da afiação da ferramenta influencia no acabamento da peça serrada e na intensidade dos atritos (GONÇALVES, 2005).

Na empresa, a decisão de quando a afiação das serras deveria ser feita foi responsabilidade do operador da máquina. Como não havia uma especialização do trabalho para os marceneiros, todos executavam todas as atividades. Portanto, ninguém se sentia responsável pela manutenção de máquinas e ferramentas. Isso é a “Tragédia dos Comuns” no meio industrial (HARDIN, 1968). Com isso, a afiação das ferramentas de corte ocorreu de maneira aleatória, no momento em que algum funcionário sentiu que não havia mais condição de operação. Isso também contribuiu para geração de resíduos, pois a deficiência na afiação aumenta a formação de cavaco (resíduo fino).

O tempo de reposição de ferramentas das máquinas corresponde ao tempo efetivamente gasto por peça fabricada, e está intimamente ligado ao número de peças usinadas por vida da ferramenta, pois esse define a frequência das paradas da máquina para troca e colocação da ferramenta (NOVASKI, 1991).

O plano de troca de ferramentas elimina a decisão arbitrária do operador da máquina em relação à substituição dessas, resultando num melhor aproveitamento das ferramentas de corte e permitindo a redução dos tempos de parada para a máquina (NOVASKI, 1991).

Para se aplicar o plano de troca das ferramentas deve-se ter um controle freqüente das condições de usinagem, temperaturas atingidas, forças de corte, desgastes das ferramentas, acabamentos superficiais, etc. (NOVASKI, 1991). Rotinas para a afiação e a manutenção das máquinas deveriam ser estabelecidas, assim como a definição do(s) funcionário(s) responsável(is) pelo controle desse procedimento, para aumentar, inclusive, a produtividade por máquina.

2.3.3.3 Mão-de-obra

Os funcionários são peças-chave na produção. São eles os responsáveis por grande parte das decisões e ações que determinam o rendimento na produção, como a seleção das peças de madeira que serão processadas para um determinado componente/produto e o plano de corte. Se o operador da máquina regulá-la

indevidamente, utilizar pedaços com defeitos ou superdimensionar a peça a ser cortada, haverá um gasto desnecessário de matéria-prima, energia e tempo.

A capacitação da mão-de-obra e a satisfação do funcionário no ambiente de trabalho são fatores importantes para um bom aproveitamento da matéria-prima e para a eficiência na produção.

Não foi possível quantificar a geração de resíduos em função da capacitação e nível de satisfação do funcionário. Entretanto, observou-se que funcionários mais capacitados e satisfeitos com sua condição de trabalho, tendiam a tomar decisões mais acertadas quanto à seleção da madeira e do plano de corte.

Uma forma de minimizar a ação do elemento humano no rendimento do processo é estabelecer protocolos de ações que definam:

- a) procedimentos para compra e seleção da madeira em função do tipo de produto/componente que será processado (dimensões e exigências físico-mecânicas);
- b) atribuição de funções/responsabilidades;
- c) acompanhamento e treinamento constante;
- d) aplicação de sistemas de gestão baseados na qualidade e controle ambiental.

2.3.4 Quantificação dos resíduos

Durante o processamento da madeira gerou-se o produto acabado, bem desejado pela empresa, os resíduos finos, os resíduos grossos (eventualmente) e o material de aproveitamento (eventualmente) (madeira que pode ser utilizada, pela empresa, em outros componentes de produtos). Esse material de aproveitamento foi parte do processamento da matéria-prima que não foi utilizada para fazer o produto requerido naquele momento, mas poderá ser matéria-prima na fabricação de outro produto ou do mesmo produto em outra ocasião. Por isso, o material de aproveitamento não pôde ser classificado como resíduo, pois não foi descartado; nem como subproduto, pois terá seu papel de matéria-prima para a mesma empresa em outro momento.

As Tabelas 1 a 5 apresentam os dados de rendimento para os produtos estudados.

Tabela 1 - Rendimentos (mínimo, máximo e médio) para o Produto 1, variações entre as peças de madeira serradas (C.V. - coeficiente de variação) e intensidade amostral (n*) para avaliação do rendimento de fabricação do Produto 1 (modelo Ethos com braço feito com madeira certificada)

Tipo de material	Rendimento (%)				n*
	Mín.	Máx.	Médio	C.V.	
Produto acabado	20,80	31,12	25,96	47,17	6,39
Material de aproveitamento	9,24	27,65	18,44	118,45	20,33
Resíduo grosso	9,35	25,56	17,45	110,15	15,75
Resíduo fino	30,46	45,82	38,14	47,81	14,16

O n* representa o número de peças de madeira serrada necessário para estimar a média de rendimento.

O n* de maior valor foi o do material de aproveitamento (20,33), portanto a suficiência amostral foi de 21 peças de madeira serrada bruta, ou seja, seria necessário coletar o rendimento de 21 peças de madeira serrada para fabricar o Produto 1, mas foram amostradas 24 peças de madeira serrada para fazer o Produto 1 para se ter o mesmo número de repetições que para o Produto 2.

Tabela 2 - Rendimentos (mínimo, máximo e médio) para o Produto 2, variações entre as peças de madeira serradas (C.V. - coeficiente de variação) e intensidade amostral (n*) para avaliação do rendimento de fabricação do Produto 2 (modelo Ethos sem braço feito com madeira certificada)

Tipo de material	Rendimento (%)				n*
	Mín.	Máx.	Médio	C.V.	
Produto acabado	22,96	35,48	29,22	50,87	9,41
Material de aproveitamento	8,42	21,43	14,92	103,48	10,16
Resíduo grosso	5,89	21,35	13,62	134,64	14,33
Resíduo fino	35,65	48,82	42,24	37,00	10,40

O n* de maior valor foi o do resíduo grosso (14,33), portanto a suficiência amostral foi de 15 peças de madeira serrada bruta, ou seja, seria necessário coletar o rendimento de 15 peças de madeira serrada para fabricar o Produto 2.

Tabela 3 - Rendimentos (mínimo, máximo e médio) para o Produto 3, variações entre as peças de madeira serradas (C.V. - coeficiente de variação) e intensidade amostral (n*) para avaliação do rendimento de fabricação do Produto 3 (modelo Ethos com braço feito com madeira não certificada)

Tipo de material	Rendimento (%)				n*
	Mín.	Máx.	Médio	C.V.	
Produto acabado	51,42	66,68	59,05	35,82	18,62
Material de aproveitamento	0,00	10,28	5,04	288,59	8,79
Resíduo grosso	6,18	13,71	9,94	104,96	4,53
Resíduo fino	19,53	32,41	25,97	68,76	13,27

O n* de maior valor foi o do produto acabado (18,62), portanto a suficiência amostral foi de 19 peças de madeira serrada bruta, ou seja, seria necessário coletar o rendimento de 19 peças de madeira serrada para fabricar o Produto 3, mas foram amostradas 32 peças de madeira serrada para fazer o Produto 3 para se ter o mesmo número de repetições que para o Produto 4.

Tabela 4 - Rendimentos (mínimo, máximo e médio) para o Produto 4, variações entre as peças de madeira serradas (C.V. - coeficiente de variação) e intensidade amostral (n*) para avaliação do rendimento de fabricação do Produto 4 (modelo Ethos sem braço feito com madeira não certificada)

Tipo de material	Rendimento (%)				n*
	Mín.	Máx.	Médio	C.V.	
Produto acabado	32,20	49,49	40,85	58,69	23,91
Material de aproveitamento	6,40	18,16	12,28	132,77	11,07
Resíduo grosso	4,65	11,06	7,86	113,09	3,29
Resíduo fino	32,72	45,31	39,01	44,75	12,68

O n* de maior valor foi o do produto acabado (23,91), portanto a suficiência amostral foi de 24 peças de madeira serrada bruta, ou seja, seria necessário coletar o rendimento de 24 peças de madeira serrada para fabricar o Produto 4.

Observando-se as Tabelas 1 a 4, pode-se dizer que a intensidade amostral requerida para se estimar os parâmetros da produção foi o rendimento de 24 peças de madeira serrada bruta por tipo de produto.

Tabela 5 - Rendimento por tipo de produto

Tipo de material	Rendimento							
	Produto 1		Produto 2		Produto 3		Produto 4	
	m ³ /cadeira	%	m ³ /cadeira	%	m ³ /cadeira	%	m ³ /cadeira	%
Matéria-prima bruta	0,050686	100,00	0,050663	100,00	0,031492	100,00	0,042929	100,00
Produto acabado	0,013160	25,96	0,014805	29,22	0,018596	59,05	0,017536	40,85
Material de aproveitamento	0,009348	18,44	0,007559	14,92	0,001586	5,04	0,005272	12,28
Resíduo grosso	0,008847	17,45	0,006900	13,62	0,003132	9,94	0,003373	7,86
Resíduo fino	0,019331	38,14	0,021399	42,24	0,008178	25,97	0,016748	39,01

O produto que apresentou o melhor rendimento foi o modelo Ethos com braço feito com madeira não certificada (Produto 3). Esse também apresentou a menor quantidade de material de aproveitamento e de resíduo fino. O material de aproveitamento e o resíduo grosso foram gerados em maior quantidade no Produto 1 (cadeira Ethos com braço feita com madeira certificada). Houve uma maior geração de resíduo fino no Produto 2 (cadeira Ethos sem braço feita com madeira certificada).

As cadeiras feitas com madeira não certificada apresentaram um rendimento maior em função da matéria-prima. A madeira não certificada possuía medidas mais adequadas à fabricação de cadeiras do que a madeira certificada. Isso diminuiu uma operação no processamento da madeira não certificada, já que na primeira era necessário passar na serra circular para acertar a espessura e na segunda não. A Tabela 6 apresenta a análise estatística que mostra essa diferença entre tipo de madeira e modelo de cadeira.

Para o Produto 1 foi observado um rendimento de 25,96% de produto acabado; 18,44% de material de aproveitamento e 55,59% de resíduo. Para o Produto 2 foi observado um rendimento de 29,22% de produto acabado; 14,92% de material de aproveitamento e 55,86% de resíduo. Para o Produto 3 foi observado um rendimento de 59,05% de produto acabado; 5,04% de material de aproveitamento e 35,91% de resíduo. Para o Produto 4 foi observado um rendimento de 40,85% de produto acabado; 12,28% de material de aproveitamento e 46,87% de resíduo. Não há dados

sobre geração de resíduos na indústria moveleira brasileira para comparação. Na produção de esquadrias de madeira, produto com processo produtivo semelhante, a geração é de cerca de 46% (ULIANA; NOLASCO; GARCIA, 2003).

A geração de resíduos dos Produtos 1 e 2 pode ser considerada baixa se comparada com o dado da literatura acima citado. O agravante está no material de aproveitamento que deverá ser utilizado como matéria-prima pela indústria, mas não se sabe o período de tempo que esse material permanece estocado para posterior uso e se o uso realmente ocorrerá.

O processo de certificação deveria se estender para a cadeia produtiva, com critérios de rendimento que visassem otimizar o aproveitamento da matéria-prima certificada. Somente dessa forma é possível vislumbrar a sustentabilidade das florestas, já que toda perda ao longo do processamento resultará em necessidade de maior volume de madeira e, conseqüentemente, ou maior intensidade de exploração ou maior área explorada.

Os Produtos 3 e 4 apresentaram um comportamento similar ao apresentado pela literatura.

Tabela 6 - Análise de variância

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr(>F)
Tipo de madeira	1	1,6778	1,6778	37,2131	1,68E-08
Modelo de cadeira	1	0,2504	0,2504	5,5533	2,02E-02
Interação madeira x modelo	1	0,3659	0,3659	8,1161	5,26E-03
(Tratamentos)	(3)	(2,2941)			
Resíduo	108	4,8692			
Total	111	7,1633			

O efeito do tipo de madeira sobre o rendimento foi significativo ($p = 1,68 \cdot 10^{-8}$). O efeito do modelo de cadeira sobre o rendimento foi significativo ($p = 2,02 \cdot 10^{-2}$). A interação de tipo de madeira com modelo de cadeira foi significativa ($p = 5,26 \cdot 10^{-3}$). Isto é, o tipo de madeira influenciou no rendimento da produção. A madeira certificada apresentou um rendimento menor que a madeira não certificada. O modelo da cadeira influenciou na produção. Cadeira fabricada com braço apresentou um rendimento maior que cadeira fabricada sem o braço. A diferença entre cadeiras pode ser explicada, não

pela presença ou não do braço e sim pela fabricação do pé dianteiro laminado na cadeira sem braço, o que aumenta a geração de resíduos, se comparado com o pé dianteiro maciço da cadeira com braço. A interação, ou seja, o tipo de madeira aliado ao modelo de cadeira influenciou o rendimento de produção. Logo, os Produtos 1, 2, 3 e 4 apresentaram rendimentos diferentes estatisticamente.

Assim sendo, pode-se concluir que: (i) a indústria não possui critério para compra de madeira; (ii) o designer desenvolve o projeto considerando apenas os aspectos estéticos e ergonômicos. As características e propriedades da matéria-prima não são consideradas, nem mesmo aspectos ligados à produção. Isso compromete o rendimento, a eficiência na produção e contribui para uma maior geração de resíduos.

A certificação da cadeia de custódia não exige o compromisso da indústria de transformação em adotar melhorias em seu sistema de produção, para também contribuir para a minimização dos impactos na floresta, como a redução da intensidade ou da área de exploração através da minimização da geração de resíduos no processamento industrial da madeira. Ações simples como: especificação de dimensões adequadas da matéria-prima para diferentes segmentos; identificação correta das espécies comercializadas; aplicação de programas de secagem adequados às diferentes espécies; cuidados no desdobro da madeira, em alguns casos feito com motosserra; empilhamento adequado, entre outros; poderiam ser incluídas num processo de certificação da cadeia produtiva, estendendo os benefícios do uso racional dos recursos para a sustentabilidade no setor florestal. Isso resultaria na certificação da cadeia produtiva e, finalmente, do produto.

Foi obtido, também, o rendimento por operação para cada tipo de cadeira (Tabelas 7 a 18).

Comparando-se as operações 3, 4 e 5, que compuseram a fase de preparo da matéria-prima certificada (Tabelas 7, 8 e 9), a operação 5, além de ser desnecessária se houvesse especificação de dimensões adequadas ao tipo de produto, foi a que mais gerou resíduo. Isso significa gasto de tempo e energia, desgaste de máquinas e ferramentas e desperdício de matéria-prima.

Na operação 3 (Tabela 7), houve uma maior geração de resíduo grosso, para o Produto 1, uma vez que foi serrado um maior número de peças de madeira,

descartando maior quantidade de pontas. Na fabricação do Produto 2, na operação 3, foram serradas 28% de peças de madeira a menos que para o Produto 1. Um outro motivo para essa diferença na geração de resíduo grosso foi o comprimento das peças brutas de madeira, que para o Produto 2 eram maiores, resultando num maior número de componentes por peça de madeira, diminuindo o descarte de pontas.

Tabela 7 - Rendimento da operação 3, serramento circular através de uma serra circular simples do tipo seccionadeira/refiladeira para acertar o comprimento da peça de madeira serrada

Tipo de material	Rendimento (%)	
	Produto 1	Produto 2
Produto acabado	69,65	81,03
Material de aproveitamento	16,07	15,08
Resíduo grosso	12,45	3,06
Resíduo fino	1,83	0,82

Na operação 4 (Tabela 8) houve uma grande geração de resíduo grosso, em função do descarte de peças longas, variando de 50 a 120 cm de comprimento. Logo, contabilizou-se um volume relativamente alto, em relação ao rendimento em produto acabado. O resíduo fino também apresentou uma taxa elevada, pois essa operação requer inúmeros cortes numa mesma peça. O Produto 2 possuiu mais cortes do que o Produto 1, portando, apresentou maior quantidade de resíduo fino.

Tabela 8 - Rendimento da operação 4, serramento circular através de uma serra circular simples do tipo seccionadeira/refiladeira para acertar a largura da peça de madeira serrada

Tipo de material	Rendimento (%)	
	Produto 1	Produto 2
Produto acabado	78,31	74,48
Material de aproveitamento	4,54	4,88
Resíduo grosso	10,52	9,56
Resíduo fino	6,63	11,08

Na operação 5 (Tabela 9) houve o descarte de peças compridas e largas (aproximadamente 60 cm x 20 cm), em relação ao volume inicial. Ou seja, em relação

ao volume que entrou para ser processado, o volume de resíduo grosso foi grande, pois as dimensões das peças descartadas também eram relativamente grandes. Essa operação não seria necessária se a espessura das peças brutas fosse menor. Esse problema pode ser resolvido facilmente com critérios adequados para aquisição da madeira.

Tabela 9 - Rendimento da operação 5, serramento circular através de uma serra circular simples do tipo seccionadeira/refiladeira para acertar a espessura da peça de madeira serrada

Tipo de material	Rendimento (%)	
	Produto 1	Produto 2
Produto acabado	79,52	78,10
Resíduo grosso	14,55	17,09
Resíduo fino	5,93	4,81

A operação 6 (Tabela 10), quando se utilizou a serra-de-fita, ofereceu pouca perda de madeira em forma de resíduo fino, pois a lâmina utilizada nesse tipo de máquina possuía uma pequena espessura. Isso pode ser notado através dos rendimentos do resíduo fino nas quatro cadeiras (de 0,12% a 0,36%). Houve uma maior geração de material de aproveitamento nos Produtos 1 e 2 (madeira certificada) quando comparados com os Produtos 3 e 4 (madeira não certificada). Isso se explicou pela dimensão das peças, a madeira certificada bruta possuía maior comprimento, o que possibilitou que o material fosse classificado como de aproveitamento e não como resíduo grosso. Porém, a geração de resíduo grosso foi maior para a madeira não certificada, pois as peças descartadas nessa operação não possuíam dimensão de material de aproveitamento e tiveram que ser descartadas.

Tabela 10 - Rendimento da operação 6, serramento contínuo através de uma serra-de-fita simples do tipo vertical de corte único para acertar o comprimento da peça de madeira serrada

Tipo de material	Rendimento (%)			
	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4
Produto acabado	78,44	74,85	83,63	81,22
Material de aproveitamento	14,92	21,93	5,31	12,28
Resíduo grosso	6,36	2,96	10,70	6,38
Resíduo fino	0,27	0,26	0,36	0,12

A operação 7 (Tabela 11) só foi necessária para o Produto 4, os demais possuíam dimensões mais adequadas aos componentes das cadeiras.

Tabela 11 - Rendimento da operação 7, serramento contínuo através de uma serra-de-fita simples do tipo vertical de corte único para acertar a largura da peça de madeira serrada

Tipo de material	Rendimento (%)
	Produto 4
Produto acabado	94,14
Resíduo fino	5,86

Na operação 8 (Tabela 12) o que influenciou a maior geração de resíduo fino no Produto 3 foi a maior quantidade de cortes por peça. Portanto, o Produto 3 possuía peças que foram serradas mais vezes que o Produto 4, apesar de apresentarem, no total, o mesmo número de operações.

Tabela 12 - Rendimento da operação 8, serramento circular através de uma tupia (utilizando a ferramenta de corte serra circular) para acertar a largura da peça de madeira serrada

Tipo de material	Rendimento (%)	
	Produto 3	Produto 4
Produto acabado	93,20	95,73
Resíduo fino	6,80	4,27

A operação de laminação (Tabela 13) foi aplicada na produção de componentes para todos os modelos de cadeira. Nos Produtos 1 e 3, para produção do assento, e nos Produtos 2 e 4, para produção de assento e pé dianteiro. O melhor desempenho foi obtido na produção do Produto 3.

Tabela 13 - Rendimento da operação 9, serramento circular através de uma tupia (utilizando a ferramenta de corte serra circular) para fazer lâminas de madeira

Tipo de material	Rendimento (%)			
	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4
Produto acabado	29,63	30,39	42,09	33,04
Resíduo grosso	3,74	3,50	2,70	3,53
Resíduo fino	66,62	66,11	55,22	63,43

A laminação foi uma operação que gerou muito resíduo fino, cerca de 60% da madeira que entrou nessa operação. Os Produtos 2 e 4, que são sem braço, tiveram um rendimento muito similar. Porém os Produtos 1 e 3, com braço, diferiram, já que o Produto 3 apresentou um rendimento em produto acabado muito superior ao do Produto 1, feito com madeira certificada. Isso mostrou que a qualidade da madeira interferiu no rendimento do processo. Nesse caso não só as dimensões favoreceram o rendimento do Produto 3, como a incidência de defeitos na madeira certificada (Figuras 12 e 13).

Observando a fabricação dos Produtos 1, 3 (com braço) e 2, 4 (sem braço), a diferença esteve não só no braço da cadeira, mas também, no pé dianteiro delas. A cadeira com braço era formada pelo pé dianteiro e pelo traseiro maciços e o assento da cadeira era feito de lâminas coladas (Figura 15 c e d). Na cadeira sem braço o pé traseiro foi feito de madeira maciça, o assento e o pé dianteiro foram feitos de lâminas de madeira coladas (Figura 15 c e d). Ao se fazer lâminas na tupia (operação 9), com uma serra circular, houve uma grande geração de resíduos, uma vez que se serrou a peça de madeira maciça (Figura 15 b) inúmeras vezes para obter uma lâmina de aproximadamente 3 mm de espessura (Figura 15 d). Isso justifica a diferença de rendimento na fabricação dessas cadeiras, já que no modelo sem braço houve também

o pé dianteiro além do assento. No caso da sucupira, a empresa não encontrou lâminas da espécie com a espessura requerida fabricadas por empresas laminadoras.



Figura 15 – Fabricação do pé dianteiro (Produtos 2 e 4) e do assento (Produtos 1, 2, 3 e 4), tupia onde eram processadas as peças (a), peças antes de serem processadas (b), lâmina pronta para ser colada (c), vista da espessura da lâmina pronta (d)

Já na fase de transformação da matéria-prima preparada, a passagem na plaina desgrossadeira gerou uma grande quantidade de resíduo fino (Tabela 14). Essa máquina permitiu endireitar as faces da peça além de ajustar a espessura e a largura desejadas das peças.

A quantidade de resíduo fino gerado não diferiu muito em função do tipo de cadeira, porém poderia ser menor se fossem utilizadas medidas mais adequadas às dimensões dos produtos. Isso é uma falha no plano de corte. A quantidade de madeira

deixada a mais no dimensionamento das peças em cada operação deveria ser resultado da qualidade da matéria-prima e dos equipamentos, da manutenção das ferramentas de corte e da habilidade dos operadores. Na prática, cada operador acaba definindo pela sua experiência.

Tabela 14 - Rendimento da operação 10, fresamento cilíndrico tangencial para aplainar superfícies através de uma plaina desengrossadeira a fim de diminuir e acertar o tamanho da peça de madeira serrada, largura ou espessura

Tipo de material	Rendimento (%)			
	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4
Produto acabado	77,80	82,72	83,77	79,38
Resíduo fino	22,20	17,28	16,23	20,62

A operação 11 (Tabela 15) foi realizada para a obtenção de peças de formato arredondado como o encosto e o pé traseiro das cadeiras. Logo, uma peça mais larga possibilitou que se conseguisse um maior número de assentos ou pés traseiros por peça bruta de madeira, pois havia uma angulação que definia a largura mínima.

Tabela 15 - Rendimento da operação 11, serramento contínuo através de uma serra-de-fita simples do tipo vertical de corte único a fim de obter uma peça arredondada, feita através de um molde da empresa

Tipo de material	Rendimento (%)			
	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4
Produto acabado	61,70	74,07	50,91	48,32
Material de aproveitamento	11,83	2,83	19,60	32,90
Resíduo grosso	13,40	8,40	24,43	15,73
Resíduo fino	13,07	14,69	5,05	3,06

Os Produtos 1 e 2 apresentaram um maior rendimento em forma de produto acabado (Tabela 15), já que possuíam a largura mais favorável para esse tipo de peça e operação. Como foi produzida uma maior quantidade de componentes por peça de madeira bruta para os Produtos 1 e 2, houve uma maior geração de resíduo fino, em relação aos Produtos 3 e 4.

Uma das últimas operações na produção dos componentes foi o fresamento para ajuste da largura e angulação, obtendo-se o formato final de cada um deles. A partir disso, eles passavam pela respigadeira ou pela furadeira para produção dos elementos de encaixe e fixação.

No fresamento, os Produtos 2, 3 e 4 apresentaram rendimento muito próximo (Tabela 16). O Produto 1 obteve um ajuste melhor entre a peça e as dimensões realmente requeridas, por isso gerou menos resíduo fino e apresentou um maior rendimento em produto acabado. Houve a geração de resíduo grosso para o Produto 2 pois esse apresentou descarte de peças no momento da usinagem em função de defeitos.

Tabela 16 - Rendimento da operação 12, fresamento cilíndrico tangencial através de uma tupa (utilizando a ferramenta de corte do tipo fresa) e um molde da empresa para dar acabamento na peça

Tipo de material	Rendimento (%)			
	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4
Produto acabado	84,04	78,68	76,33	79,00
Resíduo grosso	-	0,88	-	-
Resíduo fino	15,96	20,43	23,67	21,00

As medidas das peças dos Produtos 3 e 4 submetidas à respigadeira estavam mais próximas da requerida no final do processo, logo, geraram menor quantidade de resíduo grosso e de resíduo fino (Tabela 17). As medidas das peças dos Produtos 1 e 2 estavam superdimensionadas e geraram maior quantidade de resíduo.

Tabela 17 - Rendimento da operação 13, fresamento cilíndrico tangencial para o fresamento de topo através de uma respigadeira dupla

Tipo de material	Rendimento (%)			
	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4
Produto acabado	72,13	70,51	88,26	87,55
Material de aproveitamento	-	1,41	-	-
Resíduo grosso	14,14	10,11	5,48	3,01
Resíduo fino	13,73	17,97	6,26	9,44

A operação 14, lixamento, foi uma operação de acabamento e que, apesar de gerar expressiva quantidade de resíduo fino, não diferiu em função do tipo de cadeira (Tabela 18).

Tabela 18 - Rendimento da operação 14, lixamento contínuo na peça utilizando uma lixadeira de cinta vertical para dar acabamento na peça

Tipo de material	Rendimento (%)	
	Produto 1	Produto 2
Produto acabado	72,12	76,51
Resíduo fino	27,88	23,49

O rendimento variou em função do tipo de produto, da qualidade da matéria-prima e das operações que originaram esse produto.

A identificação dos pontos críticos de geração de resíduos foi fundamental para o planejamento e implementação de estratégias de minimização e para a implantação de um modelo de produção baseado em práticas da “Produção Mais Limpa”.

Pontos críticos são aqueles em que ocorre geração ou de um grande volume de resíduos; ou de resíduos perigosos ou tóxicos (Classe I); ou, ainda, resíduos Classe IIa ou IIb, porém de difícil manejo em função de suas características físicas ou da tecnologia disponível. Os pontos críticos podem estar relacionados com a qualidade da matéria-prima, com o tipo de equipamento, com o nível de capacitação da mão-de-obra, com o plano de corte adotado, com os critérios de qualidade dos produtos, (NOLASCO, ULIANA; GARCIA, 2004), tipo (desenho) dos produtos, entre outros.

Nesse caso, os pontos críticos de geração de resíduos foram a qualidade da matéria-prima, tipo (desenho) do produto e a operação de laminação.

A qualidade da matéria-prima influenciou o seu rendimento e foi um ponto crítico na geração de resíduos em função das dimensões das peças e da incidência de defeitos.

A incompatibilidade entre a dimensão das peças compradas e dos componentes das cadeiras aumentou a geração de resíduos. A espessura ideal para os modelos fabricados seria de 3 a 4 cm. Nesse caso, devem-se ter critérios claros no momento da compra da matéria-prima e no instante da classificação das peças para estocagem, pois

isso facilitaria o processamento e evitaria perdas por incompatibilidade de matéria-prima e produto acabado.

A incidência de defeitos na madeira certificada aumentou a geração de resíduos. Deficiência na secagem, no empilhamento e na identificação das espécies, foram fatores que contribuíram para aumento nos defeitos quando comparada com a madeira não certificada.

No momento atual, quando a matéria-prima certificada está tentando se inserir no mercado de madeira serrada, é fundamental maior entendimento, por parte dos produtores, dos requisitos em relação às dimensões e à qualidade para diferentes segmentos de mercado.

2.3.5 A técnica da programação linear

A técnica da programação linear foi utilizada como uma alternativa para se analisar a empresa tanto economicamente como ambientalmente, indicando gargalos nessas áreas.

Após a quantificação dos resíduos e o entendimento dos fluxos de produção, puderam-se desenvolver cenários visando subsidiar a gestão da empresa. O primeiro cenário abordou a questão econômica, apontando os gargalos na produção (mercado, geração de resíduos, estoque de matéria-prima, espaço para armazenamento de produtos). Esse permitiu apontar os produtos mais rentáveis. O segundo cenário analisou o aspecto ambiental, com o foco na geração de resíduos durante a produção, e apontou os produtos com menor geração de resíduos.

2.3.5.1 Cenário 1

O lucro máximo mensal obtido foi de R\$ 22.209,16 (US\$ 8.444,55) produzindo-se 24 cadeiras modelo Ethos com braço feitas com madeira certificada (Produto 1), 36 cadeiras modelo Ethos sem braço feitas com madeira certificada (Produto 2), 24 cadeiras modelo Ethos com braço feitas com madeira não certificada (Produto 3) e 28 cadeiras modelo Ethos sem braço feitas com madeira não certificada (Produto 4).

As restrições atuantes, ou seja, as restrições do problema que limitaram a maior produção de cadeiras, e conseqüentemente o aumento do lucro foram o mercado consumidor dos Produtos 1, 2 e 3.

Em função da falta de matéria-prima, o mercado consumidor do Produto 4 não foi suprido por inteiro: sobraram 8 unidades do Produto 4 que não foram feitas em função de capacidade de produção limitante. Se fosse possível a venda de uma unidade a mais do Produto 1, haveria um acréscimo no lucro em R\$ 276,77. Observando-se a restrição do mercado consumidor para o Produto 2, o aumento de uma unidade na venda desse produto seria associado a um acréscimo no lucro de R\$ 260,39. para o mercado consumidor 3, se fosse possível a venda de uma unidade a mais dessa, haveria um acréscimo no lucro em R\$ 120,44.

Essa relação diretamente proporcional entre variação na venda dos 4 produtos em questão e no lucro, ou seja, no valor da função objetivo deve respeitar determinados intervalos de variação, pois quando se sai desses intervalos a restrição poderá não ser mais atuante.

A faixa de variação para o valor de mercado consumidor para o Produto 1 foi de 0,036 a 24 peças. Para esse intervalo, a variação no valor da função objetivo, ou seja, no lucro, será diretamente proporcional a R\$ 286,77. A faixa de variação para o valor de mercado consumidor para o Produto 2 foi de 0,036 a 36 peças. Para esse intervalo, a variação no valor da função objetivo, ou seja, no lucro, será diretamente proporcional a R\$ 260,39. A faixa de variação para o valor de mercado consumidor para o Produto 3 foi de 0,059 a 24 peças. Para esse intervalo, a variação no valor da função objetivo, ou seja, no lucro, será diretamente proporcional a R\$ 120,44. Porém, os intervalos de variação no valor absoluto das restrições e os valores do preço-sombra são válidos para cada uma das restrições individualmente.

Houve uma folga, ou seja, não foi utilizado 0,001848 m³ de matéria-prima; 71,47 m² de espaço para armazenamento dos produtos acabados e 0,47014 m³ de resíduo. Isso significa que esses recursos não foram utilizados por inteiro, pois houve restrições que estavam limitando a produção e conseqüentemente o uso desses recursos.

Observando-se a faixa de variação dos coeficientes da função objetivo, pode-se dizer que dentro do intervalo de zero a R\$ 286,77, para o Produto 1, a solução ótima

continuará sendo a mesma, ou seja, o lucro irá ser influenciado, porém os números de peças a serem produzidas de cada tipo de produto serão os mesmos. Isso vale para os intervalos de zero e R\$ 260,39, para o Produto 2 e de zero e R\$ 120,44, para o Produto 3.

Através desses resultados pode-se inferir que com o aumento do estoque de matéria-prima e da capacidade de produção da empresa, poderia ser incrementada a produção do Produto 4 e conseqüentemente aumentar o lucro da empresa.

Uma outra influência seria a de expandir o mercado consumidor dos Produtos 1, 2 e 3 para se incrementar o lucro da empresa, já que as restrições de mercado consumidor desses produtos limitam as suas vendas. Um possível investimento em marketing ou a procura de novos mercados seriam duas alternativas para tal.

2.3.5.2 Cenário 2

A geração mínima de resíduo foi de 1,519395 m³ produzindo-se 24 cadeiras modelo Ethos com braço feitas com madeira certificada (Produto 1), 21 cadeiras modelo Ethos sem braço feitas com madeira certificada (Produto 2) e 22 cadeiras modelo Ethos com braço feitas com madeira não certificada (Produto 3).

Observando-se o Produto 4, se fosse fabricada e vendida uma unidade do Produto 4, haveria um acréscimo na geração de resíduos de 0,020120m³.

Não foi utilizada a totalidade do mercado consumidor dos Produtos 2, 3 e 4, com uma folga, sobra de 15 unidades do Produto 2, 2 do Produto 3 e 36 do Produto 4. Houve uma folga de 1,722661 m³ de matéria-prima; 78,78 m² de espaço para armazenamento dos produtos acabados e R\$ 0,35 de lucro. Isso significa que esses recursos não foram utilizados por inteiro, pois houve restrições que estavam limitando a produção e conseqüentemente o uso desses recursos.

Observando-se a faixa de variação dos coeficientes da função objetivo, pôde-se dizer que dentro do intervalo de zero a 0,02012 m³ para o Produto 4, a solução ótima continuará sendo a mesma, ou seja, a geração de resíduos irá ser influenciada; porém os números de peças a serem produzidas de cada tipo de produto serão os mesmos.

A Tabela 19 sumariza os principais resultados obtidos para os dois cenários.

Tabela 19 - Resultados dos cenários 1 e 2

	Cenário 1	Cenário 2
Lucro (R\$)	22.209,16	14.999,65
Resíduos (m ³)	2,53	1,52
N ^o de cadeiras mod. Ethos com braço com madeira certificada	24	24
N ^o de cadeiras mod. Ethos sem braço com madeira certificada	36	21
N ^o de cadeiras mod. Ethos com braço com madeira não certificada	24	22
N ^o de cadeiras mod. Ethos sem braço com madeira não certificada	28	0

Note-se que no cenário 1, o que mais influenciou a escolha de um ou outro tipo de cadeira foi o lucro unitário que cada tipo de cadeira fornecia a empresa. Associada a restrição de mercado consumidor, que limitou a produção, a cadeira menos favorecida foi o Produto 4, que possuiu o menor lucro unitário.

O cenário 2 pode ser utilizado como referência para a gestão dos recursos, isto é, pode vir a auxiliar a tomada de decisão em relação à utilização da matéria-prima madeira.

2.3.6 Subsídios para a gestão empresarial

Nas últimas décadas tem ocorrido uma grande mudança no ambiente em que as empresas operam. As empresas, que eram vistas apenas como instituições econômicas com responsabilidades referentes a resolver os problemas econômicos fundamentais (o que, como e para quem produzir) têm que incorporar novos papéis, com maior compromisso social e ambiental (DONAIRE, 1995).

Apesar do visível sucesso obtido pelo sistema capitalista, como resultado de uma eficiente combinação de ciência e tecnologia aplicada na produção, quando se

confronta seus resultados econômicos com os resultados sociais e ambientais, verifica-se que há muito a ser feito para uma maior sustentabilidade das cadeias produtivas.

Entre as diferentes variáveis que afetam o ambiente de negócios, a preocupação ambiental tem ganhado destaque significativo por afetar a imagem das empresas e seus resultados econômicos.

Gradativamente, as empresas vêm alterando sua postura em relação aos aspectos ambientais, num processo de reconciliação entre produção e ambiente, numa perspectiva de alcançar um desenvolvimento mais sustentável.

Alguns procedimentos começam a ser revistos, como: não assegurar o lucro transferindo a ineficiência no preço dos produtos e sim eliminando ou reduzindo perdas; não descartar os resíduos da maneira mais fácil e econômica (tecnologias de “Fim de Tubo”), mas buscar alternativas de não geração ou valorização, atendendo aos requisitos legais; investir nos aspectos ambientais, especialmente na gestão de resíduos, anteriormente considerados custos sem retorno para a empresa, passam a ser vistos como investimento em melhoria tecnológica, de qualidade e imagem, que contribui para a melhoria do produto, da eficiência e da imagem, abrindo novos nichos de mercado; a legislação deixa de ser cumprida apenas nos aspectos essenciais e as empresas começam a ter uma postura mais pró-ativa, adiantando-se às leis, projetando cenários para ajustar-se; e, finalmente, “meio ambiente” deixa de ser um problema e passa a ser considerado uma oportunidade de negócios.

Assim, a gestão das questões ambientais em uma empresa começa a ser reconhecida como uma função organizacional independente e necessária, com características próprias que a distingue das funções segurança, relações industriais, relações públicas e outras mais com as quais interage (VALLE, 1995).

A gestão de resíduos é parte, e uma das mais importantes, da gestão ambiental e consiste na atividade de elaborar políticas e planos integrados com o objetivo de prevenir a geração, obter o máximo aproveitamento e reciclagem de materiais, reduzir ao máximo o volume e/ou periculosidade dos resíduos gerados e definir as melhores soluções para tratamento e disposição.

Na gestão de resíduos, geralmente não existe uma única e melhor solução para um dado problema. As soluções devem ser integradas e, na maioria das vezes, exigem

a ação não somente no interior da empresa, mas na cadeia produtiva. Além disso, não se restringe apenas ao setor ambiental daquele empreendimento, mas deve envolver todos os outros setores (administração, pesquisa e desenvolvimento, comercial, produção, etc.).

A indústria moveleira, assim como boa parte da indústria de base florestal nacional, ainda não incorporou a gestão ambiental e a gestão de resíduos na sua administração. Isso se deve em parte às suas características: predominantemente de pequeno e médio porte, portanto, pouco visada pelos agentes ambientais (CETESB, etc.); baixa tecnologia; empresa familiar; baixa capacitação administrativa e operacional; produção verticalizada; baixa capacidade de investimento; produção para o mercado interno, pouco exigente em relação aos aspectos ambientais; produção de móveis sob encomenda.

Neste contexto, não há preocupação com procedência de matéria-prima (aspectos legais e ambientais); nem com as perdas no processo produtivo, pois sendo móvel sob encomenda, isso é repassado no preço para o consumidor; as soluções para os resíduos geralmente se restringem à disposição junto com o lixo doméstico, a queima ou o descarte em áreas não autorizadas denominadas “Boca de Porco” e em cursos d’água, quando próximos às empresas.

Isso trás conseqüências desastrosas para o ambiente, que são pouco consideradas devido aos impactos serem localizados (pontuais) e pouco estudados. Cabe considerar, ainda, que nem sempre os resíduos da indústria moveleira são Classe II, como neste estudo. A queima de painéis ou de peças que já receberam acabamento com verniz ou, ainda, de madeira tratada com produtos químicos, pode liberar substâncias altamente prejudiciais à saúde. Entretanto, isso é pouco valorizado.

Somente na última década, a preocupação ambiental começou a ser inserida na gestão ambiental de algumas empresas do setor moveleiro, principalmente nas médias e nas grandes e naquelas que encontraram novo segmento de mercado baseado na produção com madeira de manejo certificado.

A certificação do manejo florestal foi criada com o objetivo de reduzir os impactos na exploração florestal, aumentar o aproveitamento dos recursos florestais e a

sustentabilidade da atividade. Práticas de bom manejo foram desenvolvidas, adotadas e monitoradas, através de indicadores que apontam a eficiência do modelo.

A certificação tem contribuído, e muito, para uma nova forma de manejar a floresta, baseada na sustentabilidade econômica, ambiental e social. Porém, sua ação se restringe ao manejo. A partir do momento que a madeira é retirada da floresta, não há nenhuma forma de interferência na cadeia produtiva que contribua para o uso racional dos recursos extraídos.

As indústrias moveleiras que utilizam a madeira certificada como matéria-prima continuam operando de forma tradicional com baixo rendimento; grande geração de resíduos; pouca preocupação com os operadores das máquinas que fazem o desdobro e o beneficiamento da madeira; baixa tecnologia tanto no desdobro, como na secagem e no processamento final dos produtos.

A matéria-prima oriunda de comunidades que possuem o manejo florestal certificado, analisada neste estudo, apresentou alguns problemas como falhas na identificação da madeira, qualidade inferior à madeira não certificada e dimensões não compatíveis com o mercado consumidor, no caso a indústria moveleira. Ressaltando, que essa é um dos principais consumidores de madeira nativa certificada no Brasil, havendo grande dependência entre esse setor e as comunidades produtoras de madeira certificada, que tendem se estabelecer no mercado.

Nas reuniões do Grupo de Compradores de Madeira Certificada, coordenado pela ONG Amigos da Terra, têm sido colocado insistentemente pelo setor industrial a dificuldade de obtenção da madeira certificada. As grandes serrarias exportam quase que a totalidade de sua produção, e as comunidades não conseguem atender aos prazos de entrega do material, por uma série de problemas administrativos e econômicos. Além de problemas entre sua escala de produção e a escala de produção das indústrias moveleiras, o que não viabiliza a compra e o transporte individual, havendo necessidade da formação de grupos para aquisição. Há duas situações: o consumo de pequena quantidade e de uma grande diversidade de espécies por cada empresa; ou o consumo de apenas uma espécie, em grande quantidade. Além disso, o preço da madeira certificada é muito superior ao da madeira não certificada e sua qualidade inferior, resultado de falhas na colheita, no desdobro e na secagem.

As micro e pequenas empresas do setor moveleiro que utilizam a madeira certificada como matéria-prima poderiam assumir uma responsabilidade ambiental maior, porém, com essa baixa qualidade da madeira, fica difícil de reduzir a geração de resíduos e viabilizar a sustentabilidade ambiental, sem interferir na cadeia produtiva.

Apesar de haverem falhas no manejo, há falhas nas empresas beneficiadoras da madeira, uma vez que elas não possuem critérios de compra da matéria-prima, secagem e empilhamento adequados da madeira e deficiência na manutenção dos equipamentos. Além disso, alguns produtos possuem um projeto que acarreta um baixo rendimento. Isso faz com que o rendimento da produção seja baixo, o que inviabiliza a sustentabilidade da cadeia produtiva, impactando cada vez mais a floresta.

Porém, o que se busca é impactar menos a floresta. Isso significa um uso mais racional da matéria-prima, considerando, assim, um rendimento de produção cada vez maior, através da minimização das perdas.

Uma ação fundamental neste processo é a adoção de critérios de qualidade para compra e recebimento da madeira serrada bruta. A empresa moveleira precisa definir claramente quais as dimensões mais adequadas para o seu tipo de produto e, não simplesmente comprar aquilo que há disponível no mercado. Como o fornecedor principal é conhecido, comunidades produtoras na região norte do Brasil - especialmente no Estado do Acre, essa é uma ação plenamente viável e possível de ser adotada, inclusive com previsão de demanda, para que a colheita possa ser planejada e com tempo suficiente para ser bem conduzida.

O desenvolvimento dos produtos também deve ser feito em sinergia com as condições da matéria-prima, além dos requisitos do mercado. Isso permitirá uma maior modulação e a definição prévia de planos de corte, reduzindo as perdas.

Também há a necessidade de um trabalho junto ao consumidor para que compreenda melhor o que é a matéria-prima madeira. Como material natural ela pode apresentar imperfeições, que antes de serem um problema, podem ser uma característica de produto único e valorizada. Ações desse tipo têm sido adotadas por alguns designers de móveis e objetos de madeira, fabricando produtos a partir de toras maciças, cujas rachaduras são valorizadas como elemento estético do produto, tornando-o único e agregando valor.

Outras ações fundamentais, de fácil implantação e de baixo custo que poderão contribuir muito para a redução na geração de resíduos são:

- programa de manutenção de máquinas e ferramentas, baseado em tempo de operação e características da matéria-prima processada, e não somente na opinião do operador;
- armazenamento adequado da madeira, em local bem ventilado, seguindo as normas para empilhamento em função da espessura da peça de madeira, com boa distribuição dos separadores de pilhas (espaçamento de 1,0 a 1,5m entre esses separadores e sempre apoiar as pontas para minimizar o empenamento);
- separação e identificação das espécies na área de armazenamento;
- classificação e separação do material de aproveitamento por espécie e por dimensões para o armazenamento;
- definição de função e responsabilidades dos funcionários da empresa;
- treinamento dos funcionários para adoção das ações citadas;
- definição e implementação de uma política e um sistema de gestão ambiental e de resíduos, cujas ações apresentadas deverão fazer parte;
- adoção de soluções mais adequadas na gestão dos resíduos, que atualmente são descartados no meio sem nenhum cuidado. Essas soluções podem incluir separação de resíduo fino e grosso, com diferentes destinações em função das condições locais (lenha, produção de pequenos objetos de madeira pela própria empresa ou em programas sócio-ambientais desenvolvidos com a comunidade local, uso em horticultura, compostagem, etc.). O volume pequeno permite soluções de baixo custo e bom resultado.

Entretanto, a principal ação é o desenvolvimento e a adoção sistemas de certificação da cadeia produtiva e não somente do manejo florestal. A redução na geração de resíduos depende de ações em todos os elos envolvidos na produção. Com isso, será possível se pensar na certificação do produto, linguagem que o consumidor final entende e resultado que esse busca: um produto ambientalmente adequado, economicamente viável e socialmente justo.

3 CONCLUSÕES

Houve diferença significativa no rendimento de produção: (i) da madeira certificada quando comparada com a madeira não certificada, (ii) do modelo com braço quando comparado com o modelo sem braço, (iii) na interação de tipo de madeira com modelo de cadeira. A madeira não certificada apresentou maior rendimento para a produção de cadeiras do que a madeira certificada: 49,95% em produto acabado, 8,66% em material de aproveitamento e 41,39% em resíduo. O modelo com braço apresentou um rendimento maior do que o modelo sem braço, sendo que a cadeira produzida com madeira não certificada (Produto 3) apresentou o melhor resultado: 59,05% em produto acabado, 5,04% em material de aproveitamento e 35,91% em resíduo.

Os tipos de resíduos gerados foram: resíduos finos (cavacos, maravalha, serragem e pó) e resíduos grossos (peças desclassificadas, com defeito, destopos de peças de madeira serradas, como por exemplo, tábuas). Os principais fatores de geração foram: (i) qualidade da matéria-prima; (ii) equipamentos e processos de produção e (iii) mão-de-obra. As operações geradoras foram: para o resíduo fino, houve a geração em todas as máquinas, exceto nas prensas; para o resíduo grosso, houve a geração, principalmente, na fase de preparo da matéria-prima, quando se ajustou as peças brutas de madeira (no comprimento, na largura e na espessura) aos componentes dos produtos. Essas operações foram realizadas na serra circular e na serra-de-fita. Também houve a geração de resíduos grossos quando se utilizou a tupia (usando a ferramenta serra circular) e a respigadeira.

Para a produção de cadeiras, na empresa estudada, houve uma geração média de resíduos de 48,56%, com um rendimento médio em produto acabado de 38,77% e em material de aproveitamento de 12,67%.

Os pontos críticos de geração de resíduos foram a qualidade da matéria-prima, o tipo (desenho) do produto e a operação de laminação.

A ferramenta de programação linear foi eficiente no auxílio ao gerenciamento econômico (cenário 1) e de resíduos (cenário 2). Para o cenário 1 (maximização do lucro) foi obtido um lucro mensal de R\$ 22.209,16 (US\$ 8.444,55), com a produção de

24 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos com braço (Produto 1), 36 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 2), 24 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos com braço (Produto 3) e 28 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 4). Para o cenário 2 (minimização da geração de resíduos) houve uma geração mensal de resíduos de 1,52 m³, com a produção de 24 peças do Produto 1, 21 peças do Produto 2 e 22 peças do Produto 3.

Levando em consideração esses resultados, fica muito difícil para a empresa adotar a produção apenas de móveis de madeira certificada nativa, a curto prazo. Para que isso seja viável, são fundamentais algumas ações na cadeia produtiva: maior oferta de madeira certificada, com menor preço; melhoria de qualidade da matéria-prima certificada e aplicação por parte da empresa de critérios de controle de qualidade na aquisição (adoção de medidas de 3 a 4 cm para a espessura da peça de madeira bruta); desenvolvimento de produtos que levem em consideração as características e propriedades da madeira, reduzindo a geração de resíduos; investimento em capacitação de mão-de-obra e equipamentos (rotinas para manutenção dos equipamentos e a escolha de um funcionário responsável para controle).

REFERÊNCIAS

ABIMÓVEL. **Panorama do setor moveleiro no Brasil**. São Paulo: ABIMÓVEL, jun. 2004. 53p. Disponível em: <<http://www.abimovel.org.br/download/panorama%20vers%E3o%20junho%200.11.8.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2004.

ACAR, H.H.; GUL, A.U.; GUMUS, S. Minimization of the transport costs in forestry by linear programming. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Turkish, v.24, n.3, p.383-391, 2000. /Resumo/.

APROVEITAMENTO DOS resíduos de serraria. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v.9, n.9, p.97-98, 1957.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 48p.

AVILA, C.G.; ORJUELA, J.M. Estimación y usos de los residuos generados por industrias de la transformación de madera en Bogotá. **Colombia Forestal**, Medellín, v.3, n.5, p.27-35, jul.1992.

BARREIROS, R. M.; SANSÍGOLO, C. A.; GARCIA, J. N.; CAIXETA FILHO, J. V. A Modelo de otimização para seleção de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.61, p.25-39, jun. 2002.

BORAZJANI, H.; DIEHL, S.V.; STEWART, H.A. Production of compost from furniture manufacturing woodwastes. **Forest Products Journal**, Madison, v.47, n.2, p.47-48, feb. 1997.

BREGALDA, P.F; OLIVEIRA, A.A.F.; BONRSTEIN, C.T. **Introdução à programação linear**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 329p.

BRITO, E.O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação de madeira. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.2, p.83-85, 1995.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CAIXETA-FILHO, J.V. **Pesquisa operacional**: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. São Paulo: Atlas, 2001. 171p.

CARVALHO, P.O. Florestas e certificação florestal. **Revista Florestal**, Portugal, v.11, n.2, p.10-17, jul./dez. 1999.

CASSILHA, A.C.; PODLASEK, C.L.; CASAGRANDE JR., E.F.; MENGATTO, S.N.F.; SILVA, M.C. da. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. In: SEMANA DE TECNOLOGIA, 3 a 6 nov. 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Centro Federal de Educação Tecnológica do PR, 2003. 5p. Disponível em: <http://www.ppgte.cefetpr.br/semanatecnologia/grupo_tema/industria_moveleira_e.pdf> Acesso em: 2 fev. 2005.

CETESB. Resíduos sólidos industriais. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1985. 182p.

DEUSDARÁ FILHO, R.; PEREIRA, H.S. **Análisis de la información sobre productos forestales madereros em los países de América Latina – Brasil**. Proyecto - Información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina (GCP/RLA/133/EC). Santiago: FAO, abr. 2001. 21p.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1995. 134p.

EL-KHOLY, O.A. Cleaner Production. Arabian Gulf University. Disponível em: <<http://www.wiley.co.uk/wileychi/egec/pdf/GB604-W.PDF>> Acesso em: 8 jul. 2005.

FALCÃO, A.; BORGES, J.G. Linear programming and strategic forest resource management: its application to the Leiria National Woodlands. **Revista Florestal**, Portugal, v.12, n.1/2, p.93-98, jan./dez. 1999.

FAO. **Información para el desarrollo forestal sostenible**: estado de la información forestal en Brasil. Santiago: FAO, enero 2002. 226p.

FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, Austria, v. 6, n. 3/4, p. 171-9, sept. 1998. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VFX-3VGH6RR-1-7&_cdi=6022&_user=972067&_orig=browse&_coverDate=09%2F30%2F1998&_sk=999939996&view=c&wchp=dGLbVlb-zSkWW&md5=778e56613ce0794f95245bbd67762f0e&ie=/sdarticle.pdf> Acesso em: 8 jul. 2005.

FRUWALD, A. Resíduos – e a sua importância. **Brasil Madeira**, Curitiba, v.5, n.54, p.12-17, jul. 1981.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO GERENCIAL. Programação linear. Disponível em: <<http://www.fdg.org.br/po/proglinear.asp>> Acesso em: 23 set. 2002.

FURTADO, J.S.; MARGARIDO, A.C.; SILVA, E.R.F.; SILVA, M.L.P.; STRAUBE, C.D.; SUZUKI, S.M. **Prevenção de resíduos na fonte & economia de água e energia**: manual de avaliação na fábrica. São Paulo: USP (Escola Politécnica), 1998. 191p.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. **Padrões de certificação do FSC**: Forest Stewardship Council para manejo florestal em terra firme na Amazônia brasileira. Brasil: FSC, 1998. 33p.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. FSC. Disponível em:
<<http://www.fsc.org.br/index.cfm?fuseaction=conteudo&IDsecao=70>> Acesso em: 19 maio 2005.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 112p.

GAMA-E-SILVA, Z.A.G.P.; HOEFLICH, V.A.; GRAÇA, L.R.; DA GAMA E SILVA, Z.A.G.P.; DIXON GOUGH, R.W. (Ed.); MANSBERGER, R. Analysis on economic constraints to multiple-use forest management in the Amazon region. **Transactions in International Land Management**, v.2, p.17-31, 2001. /Resumo/.

GERWING, J.; VIDAL, E.; VERÍSSIMO, A.; UHL, C. **Rendimento no processamento de madeira no estado do Pará**. Belém: IMAZON, 2001. 38p.

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da madeira**. Itapeva: UNESP, 2005. 158 p.

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. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.8, p.3-57, set. 1998.

GORINI, A.P.F. **A indústria de móveis no Brasil**. São Paulo: Abimóvel, 2000. 80p.

GTNA; Fase Nacional; IMAZON. Certificação florestal e movimentos sociais na Amazônia: relatório do seminário 2002. **Anais do Seminário de Certificação Florestal e Movimentos Sociais na Amazônia**, Belém,. 2002. 56p. Disponível em:
<<http://www.fsc.org.br/arquivos/Certifica%C3%A7%C3%A3o%20&%20Movimentos%20Sociais%20na%20Amaz%C3%B4nia.pdf>> Acesso em: 9 maio 2005.

GUL, A.U.; ACAR, H.H.; TOPALAK, O. Determination of the mechanization level for forestry operations by linear programming. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Turkish, v.24, n.3, p. 375-382, 2000. /Resumo/.

GUNNINGHAM, N.; SINCLAIR, D. **Barriers and motivators to the adoption of cleaner production practice**. Australia: Australian Centre for Environmental Law, 1997. 115p. Disponível em:
<www.deh.gov.au/industry/corporate/eecp/publications/pubs/barriers.pdf> Acesso em: 7 jul. 2005.

HADLEY, G. **Linear programming**. London: Addison – Wesley publishing company, 1962. 520p.

HANSEN, D.R.; MOWEN, M.M. **Gestão de custos: contabilidade e controle**. Tradução de R. B. Taylor. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. 783p.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. **Science**, Stanford, v. 162, n. 3859, p. 1243-1248, dec. 1968.

HIROSHIMA, T. Setting objectives of sustainable forest management using linear programming: A case study of criteria and indicators accepted at a meeting of Montreal process countries. **Journal of the Japanese Forestry Society**, Japan, v.81, n.3, p.245-249, aug. 1999. /Resumo/.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S.; FRANCO, M. de MELLO. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 2922p.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 fev. 2005.

IMAFLOA. **Manual de certificação da cadeia de custódia no sistema do Forest Stewardship Council**, Piracicaba: IMAFLORA, 2002. 50p. Disponível em: <http://www.imaflora.org/download/Manual_COC_Imaflora.pdf> Acesso em: 20 set. 2002.

IMAFLOA. Disponível em: <<http://www.imaflora.org>> Acesso em: 20 jul. 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNÓLICAS. **Prospectiva tecnológica da cadeia produtiva madeira e móveis**. São Paulo: IPT, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNÓLICAS. **Madeira para móveis e construção civil**. São Paulo: IPT, 2004. 1 CD-ROM.

JANKOWSKY, I.P. Fundamentos de secagem de madeiras. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v.10, p.1-13, jun. 1990.

JANKOWSKY, I.P. Fundamentos do controle de qualidade. **Revista Indústria Moveleira**, Caxias do Sul, n.25, p. 40-41, 1991.

JANKOWSKY, I.P. Melhorando a eficiência dos secadores para madeira serrada. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.191, p. 1-13, jan. 2000.

JARA, E.R.P. A geração de resíduos pelas serrarias. **Boletim ABPM**, São Paulo, n.59, p. 1-5, set. 1987.

KREBS, K.; GREINER-MANN, V. Certificação Florestal. In: SAILE, P.; FRAITURE, A. GTZ. Alemanha. 2001. Disponível em: <http://www.gtz.de/capacity_building/Dokumente/Endfassung_port_25.10.pdf> Acesso em: 20 set. 2002.

LELIS, A.T. de; BRAZOLIN, S.; FERNANDES, J.L.G.; LOPEZ, G.A.C.; MONTEIRO, M.B.B.; ZENID, G.J. **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: IPT, 2001. 63p.

MAYERLE, S.F. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:
<http://www.eps.ufsc.br/~mayerle/eps3626_20011.htm> Acesso em: 23 set. 2002.

MELO, M.P. de; LIMA, D.P.; PINHEIRO, P.R. Modelos em programação matemática para o processamento do biscoito tipo *cracker*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.3, p. 363-368, jul./set. 2004.

NARDELLI, A.M.B.; GRIFFITH, J.J. Modelo teórico para compreensão do ambientalismo empresarial do setor florestal brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.855-869, nov./dez. 2003.

NOLASCO, A.M. **Resíduos florestais**. Piracicaba: ESALQ/ USP, Departamento de Ciências Florestais, 1998. Não paginado.

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

NOLASCO, A.M.; ULIANA, L.R.; GARCIA, J.N. Identificação de pontos críticos na geração de resíduos em indústrias de processamento mecânico da madeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL & NISAM 2004 – CICLO DE CONFERÊNCIAS SOBRE POLÍTICA E GESTÃO AMBIENTAL, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ICTR, 2004. 1 CD-ROM.

NOVASKI, O. **Custos de usinagem**. São Paulo: UNICAMP, 1991. 149p.

NUSSBAUM, R. Proforest (2002). Certificação em grupo: um guia prático. Tradução de IMAFLORA. jun 2003. Disponível em:
<<http://www.imaflora.org/arquivos/guia%20cert%20em%20grupo%20port.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2005.

PANOS, M. P.; RESENDE, M. G. C. **Handbook of applied optimization**. Oxford: Oxford University Press, 2002. 1116p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Cursos de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: Frederico Pimentel Gomes, 2000. 477p.

POSCHEN, P. Critérios e indicadores sociais para o manejo florestal sustentável: um guia para os textos da OIT. jul, 2000. Disponível em:
<<http://www.imaflora.org/arquivos/guia-oit%20FINAL%20REVISADO%20site.pdf>>
Acesso em: 9 maio 2005.

PRADO, D. S. do. **Programação linear**. Belo horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2003. 220p.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE PRAIA GRANDE. Disponível em:
<[http://www.praia grande.sp.gov.br/PraiaGrande/index-
.asp?cd_pagina=77&principal=290](http://www.praia grande.sp.gov.br/PraiaGrande/index.asp?cd_pagina=77&principal=290)> Acesso em: 15 fev. 2005.

PUCCINI, A.L. **Introdução à programação linear**. Rio de Janeiro: Livro Técnico, 1972. 252p.

REZENDE, J.L.P.; VITAL, B.R.; TAVARES, M.F.R.; PAULA, G.G. Análise técnica e econômica do desdobro de toras de *Pinus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.2, p.181-193, maio/ago. 1992.

RODRIGUEZ, L.C.E. **Planejamento agropecuário através de um modelo de programação linear não determinista**. 1987. 160p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

SALMERON, A. Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial com resíduos visando geração de energia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.1, n.2, p.b1-12, jul. 1980.

SANTA RITA, L.P.; SBRAGIA, R. **Aglomerados produtivos: acordos de cooperação e alianças estratégicas como condicionantes para o ingresso de PME's moveleiras em um processo de desenvolvimento sustentado (BR 1224)**. São Paulo: Organização dos Estados Ibero-Americanos. 15p. Disponível em:
<<http://www.campus-oei.org/salactsi/santarita.pdf>> Acesso em: 22 out. 2002.

SANTOS, G.R.V. dos. **Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden)**. 2002. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Política nacional de resíduos sólidos**. São Paulo, 1998. 1 v.

SKJELMERUD, H. **Importance of residue utilization from a sawmill point of view: a Norwegian case study**. Hurdal: FAO/NORAD, 1972. 22p.

SOUZA, M.R. Tecnologia para usos alternativos de resíduos florestais: experiência do laboratório de produtos florestais - IBAMA na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESIDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1997. p.49-70.

SPRINGER, A. M. **Industrial Environmental Control Pulp and Paper Industry**. Atlanta: TAPP Press, 1993. 699p.

TAHA, H.A. **Operations research**: an introduction. 5 ed. New York; Toronto: Macmillan: Maxwell Macmillan Canada, 1992. 822p.

TOMASELLI, I. Mercado e comercialização de madeiras. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.38, p.10-18, 1998.

ULIANA, L.R.; NOLASCO, A.M.; GARCIA, J.N. Caracterização e quantificação de resíduos do processamento mecânico da madeira em indústria de esquadrias: estudo de caso. **Revista da Madeira**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.48-50, 2003.

VALENÇA, A.C.V.; PAMPLONA, L.M.P.; SOUTO, S.W. Os novos desafios para a indústria moveleira no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.15, p.83-96, mar. 2002.

VALLE, C.E. do. **Qualidade ambiental**: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente: como se preparar para as normas ISO 14000. São Paulo: Pioneira, 1995. 117p.

VARMA, V.K.; FERGUSON, I.; WILD, I.; ARVANITIS, L.G. Decision support system for the sustainable forest management. Special issue: scientific decision support systems in agriculture and forestry. Papers presented at the First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, USA. 1-3 June 1998. **Forest Ecology and Management**, Florida, v.128 n.1/2, p.49-55, 2000. /Resumo/.

VIANA, V.M. A certificação sócio-ambiental e o futuro do setor florestal no Brasil. In: SIMPÓSIO IPEF, 6., 1996, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1996. v.1, p.1-4.

VIDAL, E.; GERWING, J.; BARRETO, P.; AMARAL, P.; JOHNS, J. Redução de desperdícios na produção de madeira na Amazônia. **Série Amazônica**, Belém, n.5, p.1-18, 1997.

ZENID, J.G.; CECCANTINI, G.C.T. **Identificação botânica de madeiras**. São Paulo: IPT, 2003. 70p.

ZENID, G.J. **Identificação e grupamento das madeiras serradas empregadas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo**. 1997. 187p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

GLOSSÁRIO

beneficiamento da madeira: ato de beneficiar, formado por inúmeras operações de usinagem a fim de melhorar o estado do material madeira, ou seja, transformar a madeira, fazer que algo se torne produtivo utilizando as técnicas adequadas na usinagem da madeira.

bom manejo florestal: é a administração adequada de uma área florestal de forma ambientalmente apropriada, socialmente justa e economicamente viável.

certificação do manejo florestal: é uma alternativa à exploração predatória e busca contribuir para o melhor uso dos recursos da floresta, atestando que determinada empresa ou comunidade utiliza as bases do bom manejo florestal.

certificação da cadeia de custódia: consiste no rastreamento da matéria-prima da floresta até o consumidor final.

componente: todas as partes que entram na composição, construção do móvel.

ferramenta: qualquer objeto de metal utilizado em artes e ofícios, qualquer instrumento relativo à prática profissional.

fluxo de produção: movimento contínuo do processo de produzir, fabricar, originar; que segue um curso, onde se pode observar a entrada de matéria-prima e a saída de produtos e resíduos.

fluxograma: representação gráfica de um procedimento, sistema onde as etapas ou módulos são ilustrados de forma concatenada por meio de símbolos geométricos conectados.

gestão de resíduo: ato de dirigir, administrar, gerenciar a geração de resíduos, ou seja, manejar os resíduos observando volume gerado, disposição e formas de aproveitamento.

madeira maciça: tecido vegetal que não sofreu transformação química e/ou física em sua estrutura, ou seja, a disposição e a composição de seus elementos foi preservada, sendo um material compacto.

máquina: engenho destinado a transformar uma forma de energia em outra e/ou empregar essa transformação para produzir um dado efeito, equipamento composto por peças interligadas que utilize força mecânica.

minimização de resíduos: reduzir ao mínimo, diminuir a geração de resíduos, buscando aprimorar processos para que se reduza a sua geração.

operação: ato ou conjunto de procedimentos em que se combinam os meios necessários para se obter determinados resultados.

processo: realização contínua e prolongada de alguma atividade, operações que apresentam certa unidade ou que se reproduzem com alguma regularidade.

produção mais limpa: é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva a processos, produtos e serviços, com a finalidade de aumentar a eficiência e reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente.

operar: exercer ação, função, atividade ou ofício.

produção: efeito ou processo de produzir.

produto: aquilo que é resultado da produção, fabricação; resultado de um trabalho ou atividade.

produto madeireiro: produto oriundo de qualquer transformação da madeira maciça, ou seja resultado da produção, da fabricação de uma matéria relativa à indústria ou ao comércio de madeiras.

produzir: dar origem, criar, fornecer bens que satisfaçam as necessidades humanas.

sistema: conjunto de elementos concretos ou abstratos organizados, organização de como um processo é executado.

subproduto: é tudo o que resulta secundariamente de um processo de produção ou de transformação para obtenção de um produto. Pode ser utilizado pela própria empresa como matéria-prima, porém para a fabricação de algo secundário.

usinagem: ato ou resultado de usinar, talhar, dar forma à peça utilizando máquina e/ou ferramenta.