

CARACTERIZAÇÃO DO RENDIMENTO E DOS RESÍDUOS EM UMA LAMINADORA ATRAVÉS DO BALANÇO DE MATERIAIS

Martha Andreia Brand

UNIPLAC - Universidade do Planalto Catarinense
(martha@uniplac.net)

Graciela Inês Bolzon de Muñiz

UFPR – Universidade Federal do Paraná
(gbmunize@barigui.ufpr.br)

Resumo

O trabalho foi desenvolvido na laminadora da Battistella Indústria e Comércio Ltda (Rio Negrinho), e objetivou caracterizar o processo produtivo, através da determinação do rendimento, quantidade de resíduos e seu uso, com o estabelecimento de uma metodologia baseada na aplicação do balanço de materiais e da fórmula do rendimento. Os dados foram obtidos através de visitas, aplicação de questionários e dados de escritório. Foram elaboradas equações e um fluxograma para representar o balanço de materiais. Concluiu-se que a indústria é integrada, possuindo uma laminadora de grande porte, com a capacidade produtiva limitada pelo secador. A indústria possui um sistema de coleta de resíduos que leva o material para a queima direta na caldeira. O balanço de materiais demonstrou que a atividade com maior potencial gerador de resíduos foi a laminação com rendimento de 46,52%; o potencial de venda de resíduos foi maior que o praticado pela empresa no período avaliado e o rendimento geral da laminadora foi de 40,70%, sendo menor que o encontrado em literatura e que o admitido pela indústria. A participação dos resíduos da laminadora para a geração de energia foi de 16,51%, sendo pequena em relação a quantidade total de resíduos destinados para este fim. A metodologia desenvolvida para o trabalho é simples e pode ser aplicada em outras indústrias. Palavras-chave: balanço de materiais, laminadora, rendimento.

YIELD AND WASTE PRODUCTION CHARACTERIZATION IN VENEER INDUSTRY THROUGH MATERIAL BALANCE

Abstract

This paper is an attempt to characterize the yield and wood waste produced during the productive process of one of the veneer industry, located in Rio Negrinho, Santa Catarina, Brazil (Battistella Indústria e Comércio Ltda.). The data were analysed taking into account the material balance and the production yield. The study pointed out the following results: unroll yield (46,52%) and the general yield was 40,70%. The results also indicate that the lowest yield was achieved

with the log unroll (higher production of waste) and that the quantity of wood waste used to produce energy may major than the amount that has been used nowadays. Was possible to conclude that the industry is integrated, fath that represents a copetitive advantage. Based on these results one can suggest that the methodology carried out in this study may be applied in any other research of this kind.

Key words: material balance, veneer industry, yield

1. Introdução

O fato das indústrias de base florestal terem baixo rendimento e gerarem grandes quantidades de resíduos no processo produtivo, principalmente as indústrias de transformação primária, não é novidade. Porém, o aumento progressivo da quantidade de madeira desdobrada tem revelado problemas como o crescimento do consumo da matéria-prima madeira, em um momento que o mercado apresenta diminuição de oferta da mesma, ou ainda a disponibilização de quantidades ainda maiores de resíduos, que muitas vezes não tem utilização na indústria, onde os mesmos foram gerados.

A forma mais adequada de gerar alternativas para solucionar estes e outros problemas passa pelo conhecimento do rendimento produtivo das indústrias e do volume de resíduos existente, além dos possíveis usos que podem ser dados a este material. Sendo assim, é fundamental a realização da análise de cada fase do processo produtivo, caracterizado pelo balanço de materiais e pela avaliação do rendimento. Nesta avaliação é possível diagnosticar todas as entradas e saídas do processo tendo como resposta a determinação das quantidades de produtos manufaturados e resíduos gerados durante o processo.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo caracterizar o processo produtivo de uma laminadora através da determinação do rendimento produtivo, quantidade de resíduos e seu uso, com o estabelecimento de uma metodologia que tenha como base a aplicação dos princípios do balanço de materiais e da fórmula clássica do rendimento. Espera-se ainda, que através do estabelecimento desta metodologia, a mesma possa ser extrapolada para outras laminadoras, em trabalhos futuros.

2. Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na Empresa Battistella Indústria e Comércio Ltda, localizada a aproximadamente 10 km da cidade de Rio Negrinho, em Santa Catarina.

Devido a diversidade de produtos produzidos, a indústria é composta por uma laminadora e uma serraria que são responsáveis pela produção de lâminas e madeira serrada destinadas à venda ou como matéria-prima para o setor que produz painéis laminados e sarrafeados.

A empresa utiliza somente madeira de espécies do gênero *Pinus*, principalmente *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. Porém, a análise não foi feita por espécie porque as quantidades de *Pinus elliottii* utilizadas são cada vez menores, e quando há entrada desta espécie no processo, as toras são misturadas, dificultando a separação por espécie.

2.1 Análise da Indústria

Para a avaliação da indústria foram inicialmente realizadas algumas visitas, que tiveram como objetivo o conhecimento e descrição da cadeia produtiva.

A partir destas visitas, foram elaborados questionários, dos quais foram obtidas as informações de consumo e entrada de matéria-prima em todos os setores da indústria; compra de matéria-prima; produção; estoques e vendas.

De posse dos dados foi utilizada uma série histórica com valores mensais que compreendeu um intervalo de 18 meses, do processo produtivo.

Os dados de consumo e compra de matéria-prima, produção, estoques e vendas estão apresentados na Tabela 1, onde estão também indicadas as entradas e saídas do processo produtivo, informação útil para a determinação do rendimento e balanço de materiais realizados neste trabalho.

Tabela 1 – Caracterização do processo produtivo da laminadora.

Atividade	Consumo de matéria-prima	Compras	Produção	Estoques	Venda
Laminação	Toretas	-	Lâminas verdes	Lâminas verdes	Lâminas verdes
Secagem	Lâminas verdes	-	Lâminas secas	-	-
Classificação	Lâminas secas	-	Lâminas classif.	Lâminas classif.	Lâminas classif.
Perdas	-	-	Casca, lâminas c/ defeitos, rolo resto	-	Resíduos verdes (rolo resto)

OBS: As entradas neste processo são o consumo de matéria-prima, compras e o estoque, enquanto as saídas são a produção e as vendas.

2.2 Determinação do Rendimento e dos Resíduos do Processo Produtivo através do Balanço de Materiais

A determinação do rendimento do processo produtivo foi feito com base no princípio do balanço de materiais, que consiste na determinação de todas as entradas (matéria-prima, compra de materiais e estoques) e saídas (produtos intermediários e finais, vendas de produtos e resíduos) do processo produtivo industrial e também com base no rendimento, que é a relação entre a quantidade de produto que sai e a quantidade de matéria-prima que entra no processo.

Sendo assim, o trabalho se constitui em uma mescla de balanço de materiais e análise de rendimento. Porém, para o balanço de materiais não foram considerados todos os insumos que entram na produção (adesivos, resinas, etc), limitando-se apenas à avaliação da matéria-prima madeira, como pode ser observado nas relações de entradas e saídas do processo.

Além disso, o trabalho foi direcionado para a quantificação dos resíduos destinados para a geração de energia, uma vez que este é o uso empregado pela indústria.

2.3 Equações dos Rendimentos do Processo Produtivo

A elaboração de todas as equações utilizadas no trabalho basearam-se no princípio do balanço de materiais e na análise do rendimento, e estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Equações para a determinação do balanço de materiais e rendimento do processo produtivo.

Rendimento (%)		Variáveis envolvidas
Laminação de toretes ¹		Rendimento laminação = (volume de lâminas verdes que sai do processo / volume de toretes c/ casca que entra no processo)x100
Secagem das lâminas		Rendimento secagem = (volume de lâminas secas que sai do processo / (volume de lâminas verdes que sai do torno + estoque anterior – volume de lâminas verdes vendidas)x100
Classificação das lâminas		Rendimento classificação = (Volume de lâminas que sai da classificação / volume de lâminas que sai do secador) x 100
Laminadora (geral)		Rendimento geral = (volume de lâminas secas classificadas / volume de toretes com casca que entram nos tornos – volume de lâminas vendidas verdes)x100
Consumo de matéria-prima (m³ toras/m³ de produto)		Variáveis envolvidas
Lâminas secas classificadas		m ³ de toretes para a produção de 1 m ³ de lâmina seca classificada = 100 / rendimento da laminadora
Resíduos gerados (m³)		Variáveis envolvidas
Laminação (disponível para energia)		Resíduos da laminação = volume de toretes com casca que entram nos tornos – volume de lâminas que saem dos tornos – volume de rolo resto ² vendido
Secagem ³		Resíduos da secagem = (volume de lâminas que saem do torno + estoque anterior de lâminas verdes) - (volume de lâminas verdes vendidas + volume de lâminas saídas do secador)
Classificação ⁴		Resíduos da classificação = volume de lâminas saídas do secador – volume de lâminas classificadas secas
Resíduos gerados por m³ de produto (m³/m³)		Variáveis envolvidas

Lâminas secas classificadas m^3 de resíduos / m^3 de lâmina seca classificada = Volume de toretes com casca que entra no processo para a geração de $1 m^3$ de lâminas secas classificadas – $1 m^3$ de lâminas secas classificadas

1 – Torete é a tora ou seção cilíndrica de comprimento determinado pelo torno laminador utilizado, que é cubado imediatamente antes de sua colocação no torno para laminação.

2 - rolo resto é o resíduo madeirável gerado no torno, após a laminação das toretes, de formato cilíndrico, com diâmetro igual ao das garras do torno e comprimento igual ao do torete que foi laminado.

3 - O resíduo gerado durante o processo de secagem é referente a perda de água e de volume devido a contração, portanto os valores de perda nesta etapa do processo não são consideradas para efeito de geração de energia.

4 - Devido às características do processo todas as lâminas saídas do secador passam quase que imediatamente para classificação, sendo possível assim a consideração somente dos valores de saída do secador de lâminas e de saída da classificação.

2.4 Elaboração do fluxograma do balanço de materiais

Para possibilitar a avaliação do balanço de materiais foi elaborado um fluxograma com base na linha produtiva do setor.

O fluxograma se inicia com a entrada da matéria-prima na laminadora. A partir da entrada, a seqüência do processo é dada sempre pela atividade ou equipamento envolvido no processo produtivo (laminação, secagem e classificação de lâminas).

A matéria-prima, após passagem pela atividade produtiva terá dois caminhos. O lado esquerdo dos fluxogramas é destinado para a saída dos produtos e sua destinação (venda e/ou estoque), e o lado direito para a saída dos resíduos gerados durante o processo e sua destinação (venda e/ou geração de energia).

Cada item componente dos fluxogramas contém a média mensal do período, representada pela letra "x". Após a média mensal é colocado um valor percentual correspondente ao rendimento da etapa produtiva imediatamente anterior aquele valor.

O modelo de configuração do fluxograma está representado na Figura 1.

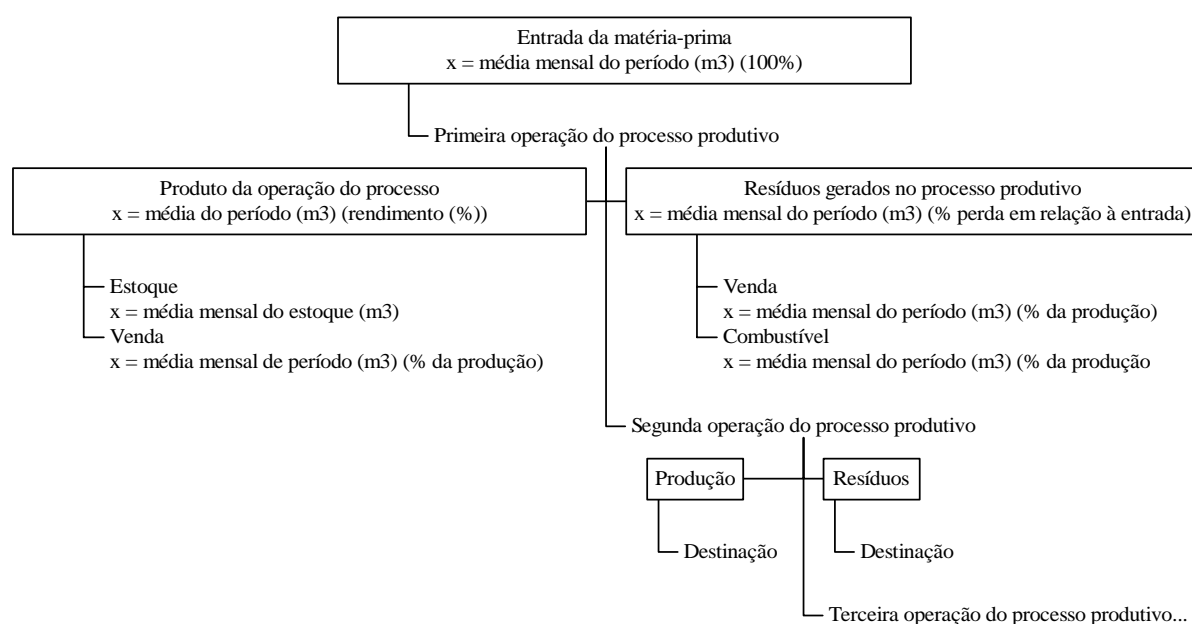


Figura 1- Esquema de construção do fluxograma do balanço de materiais.

3. Resultados e discussões

3.1 Análise da Indústria

A indústria é integrada, ou seja, composta por unidades geradoras de produtos que podem ser vendidos ou utilizados com matéria-prima nos setores subsequentes.

A composição da laminadora, em termos de equipamentos e atividade, está representada na Tabela 3.

Tabela 3 - Equipamentos e atividades componentes da laminadora

Equipamento ou atividade	Quant.	Descrição
Tanques de cozimento	02	Capacidade para 100 m ³ de toretes
Tornos para laminação	02	Marca FEZER – laminação de toretes com 1,30 m de comprimento Marca ACC - laminação de toretes com 2,6 m de comprimento
Guilhotinas	02	Equipadas com sensores eletrônicos responsáveis pela determinação da largura das lâminas e pela eliminação de defeitos das mesmas
Setor de estocagem	01	Estocagem de lâminas verdes
Secador de lâminas	01	Marca OMECO – capacidade para secar 3000 m ³ mensalmente
Juntadeiras laterais de lâminas (tacas)	02	Setor de fabricação de lâminas para miolo, a partir da colagem lateral de retalhos de lâminas
Classificação de lâminas	01	Classificação de lâminas saídas do secador
Correia transportadora de resíduos	01	Sistema de coleta e transporte de resíduos gerados durante o processo

As toras destinadas à laminação têm diâmetros superiores a 28 cm (previamente classificadas no pátio de toras). Estas toras são transformadas em toretes, que são colocadas nos tanques de cozimento, onde permanecem em média por 4 horas. O cozimento é realizado com vapor vivo, a pressão ambiente, com temperatura entre 170 e 180° C.

Após o cozimento, o diâmetro sem casca do torete é medido para o controle do rendimento do setor. A medição é feita na ponta que está virada para o funcionário que faz a medição, de modo que, em valores médios, o diâmetro obtido nesta operação é bastante representativo do volume real de entrada de toretes na laminação. Estando o torete medido, o mesmo é colocado no torno para laminação.

As primeiras lâminas retiradas do torete, que contém casca ou imperfeições são eliminadas através do encaminhamento das mesmas para a correia transportadora, localizada abaixo dos tornos e que leva este material para o picador. Além das lâminas iniciais, parte dos rolos resto, que tem diâmetros entre 10 e 12 cm, que não são vendidos para a fabricação de pallets, cai na correia e vai para o picador.

A espessura das lâminas produzidas nos tornos são bastante variadas, podendo ser de 2; 2,1; 2,2; 3; 3,1 ou 3,2 mm. A determinação da largura das lâminas, bem como a eliminação de defeitos indesejáveis é realizada pelas guilhotinas, localizadas após os tornos. Neste ponto também existe geração de resíduos, que são depositados na correia transportadora.

Como o secador de lâminas é o gargalo da indústria, devido a menor velocidade de produção em relação aos tornos, após a laminação, as lâminas ficam estocadas e daí passam para o secador ou são vendidas verdes. A secagem é contínua, sendo que o tempo de secagem depende da espessura da lâmina e do teor de umidade final desejado. As lâminas saem do secador com umidade média de 6 a 8%.

A classificação das lâminas é a última atividade realizada, juntamente com a montagem de lâminas a partir de retalhos, produzidos durante a laminação ou secagem, e que compõe lâminas destinadas para miolo de painéis. Esta atividade é o outro ponto no qual são gerados resíduos (lâminas desclassificadas), e estes também são colocados na correia transportadora que vai para o picador.

Após a classificação, as lâminas podem ter dois destinos, a venda ou a manufatura de painéis.

Com exceção de parte dos rolos resto destinada a venda para fabricação de pallets, o restante do resíduo é destinado a geração de energia térmica e elétrica.

3.2 Determinação do Balanço de Materiais e do Rendimento do Processo Produtivo

O fluxograma da Figura 2 representa o balanço de materiais da laminadora.

A distribuição das etapas produtivas, com suas respectivas gerações de resíduos e destinação dos mesmos, mostra que a laminação e classificação são as operações que efetivamente contribuem para a geração de resíduos destinados à energia, lembrando que os resíduos desta linha produtiva são considerados verdes, por serem misturados na mesma correia transportadora e picados juntamente com o resíduo verde da serraria.

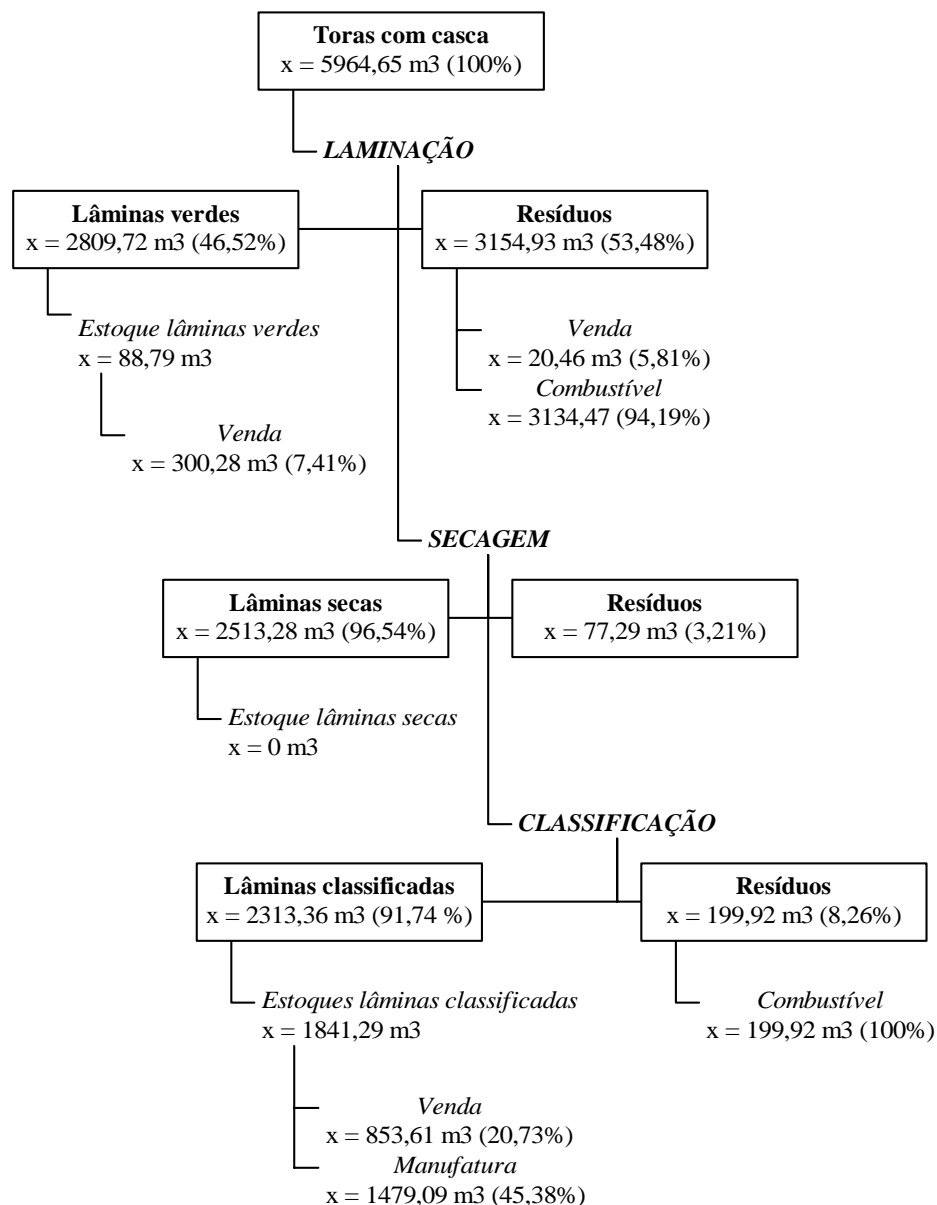


Figura 2 - Fluxograma do balanço de materiais da laminadora.¹

Com relação aos valores médios de cada etapa do processo produtivo e de seus respectivos rendimentos, a Tabela 4 mostra os valores obtidos em cada um dos 18 meses avaliados e a Tabela 5 mostra os valores médios gerais, juntamente com seus desvios padrão para a visualização da dispersão dos dados.

¹ Como na entrada dos toretes na laminadora é determinado o diâmetro sem casca, para os cálculos de rendimento e geração de resíduos, bem como para a determinação do rendimento geral da laminadora foi acrescido ao valor fornecido pela empresa, um valor correspondente a 12%, o que equivale em média a porcentagem de casca para o *Pinus*.

Tabela 4 – Resultados da determinação do balanço de materiais e rendimento na Laminadora no período de 18 meses

Período Avaliado	TET m ³	LST m ³	RL m ³	RLcrr m ³	RSL m ³	RCL m ³	RI %	Rs %	Rc %	Rgl %	RLcrr %	LVV %	rrV %	RLc %	LCV %	LCM %
Jan/98	6394,09	2554,70	3787,99	3839,39	60,00	251,40	39,95	97,65	89,92	35,08	60,05	0,00	15,20	84,80	15,42	36,49
Fev	4454,89	2034,80	2404,59	2420,09	61,23	168,10	45,68	97,15	91,94	43,07	54,32	0,00	7,58	92,42	2,42	25,74
Mar	1528,52	619,30	908,02	909,22	39,71	85,00	40,52	94,11	86,61	35,96	59,48	0,00	1,33	98,67	15,98	41,98
Abr	2266,70	1138,90	1121,80	1127,80	115,42	129,10	50,24	90,45	88,19	42,53	49,76	0,00	6,57	93,43	9,31	32,18
Mai	5969,32	2689,80	3219,02	3279,52	126,05	319,50	45,06	95,51	88,07	39,53	54,94	0,00	17,98	82,02	28,30	35,68
Jun	5250,80	2303,80	2938,90	2947,00	51,59	286,50	43,88	97,84	87,71	38,95	56,12	0,00	3,98	96,02	17,62	32,69
Jul	4602,50	1827,30	2759,50	2775,20	17,69	158,90	39,70	99,04	91,30	36,24	60,30	0,00	5,62	94,38	19,24	41,19
Ago	6085,11	2298,60	3755,41	3786,51	0,43	4,90	37,77	99,98	99,79	37,98	62,23	0,00	9,66	90,34	41,13	54,70
Set	6739,55	2849,90	3880,15	3889,65	188,31	107,10	42,29	93,71	96,18	40,04	57,71	0,00	2,71	97,29	37,84	49,56
Out	6466,93	2838,80	3624,53	3628,13	273,86	32,70	43,90	90,97	98,81	42,13	56,10	0,00	0,89	99,11	24,24	48,17
Nov	7152,05	2984,30	4109,45	4167,75	-79,35	205,50	41,73	97,89	93,29	39,96	58,27	0,00	10,31	89,69	32,96	62,28
Dez	6254,43	2691,40	3544,43	3563,03	100,48	207,70	43,03	96,43	92,35	40,07	56,97	0,00	4,53	95,47	28,95	61,58
Jan/99	6008,30	3038,10	2949,00	2970,20	110,61	202,10	50,57	96,42	93,23	46,44	49,43	0,66	4,70	95,30	22,32	56,58
Fev	7265,57	3109,00	4148,47	4156,57	31,63	157,30	42,79	98,90	94,49	38,71	57,21	9,54	1,42	98,58	29,75	57,25
Mar	7408,18	3815,30	3587,08	3592,88	36,06	236,00	51,50	98,85	92,40	43,03	48,50	19,30	1,26	98,74	22,34	50,09
Abr	7081,59	3831,30	3246,29	3250,29	190,89	227,40	54,10	93,41	91,60	40,76	45,90	26,11	1,10	98,90	10,22	50,13
Mai	7622,50	4326,80	3295,70	3295,70	158,81	363,80	56,76	95,46	89,11	44,84	43,24	22,81	0,00	100,00	6,78	51,21
Jun	6532,16	3819,10	2659,16	2713,06	37,49	302,60	58,47	98,74	89,67	47,71	41,53	26,97	13,05	86,95	15,34	40,86
Jul	8245,11	4613,40	3615,51	3631,71	-52,50	352,90	55,95	101,76	88,36	40,51	44,05	35,45	2,59	97,41	13,66	33,84
Média	5964,65	2809,72	3134,47	3154,93	77,29	199,92	46,52	96,54	91,74	40,71	53,48	7,41	5,81	94,19	20,73	45,38
DP	1729,49	1015,68	888,74	912,64	86,55	101,31	6,39	2,98	3,67	3,39	6,39	12,03	5,24	5,24	10,53	10,76

TET – toretes que entram no torno e LST – lâminas verdes que saem do torno

RL – resíduos da laminação; RSL – resíduos da secagem das lâminas; RCL – resíduos da classificação das lâminas; RLcrr= resíduos da laminação com rolo resto

RI – rendimento da laminação; Rs – rendimento da secagem das lâminas; Rc = rendimento da classificação das lâminas; Rgl – rendimento geral da laminadora

LVV – lâminas verdes vendidas; rrV = rolos resto vendidos; RLc = resíduos de laminação que são destinados para queima na caldeira; LCV = lâminas secas classificadas vendidas e LCM = lâminas secas classificadas que entram na manufatura de painéis

Tabela 5 - Dados médios de cada processo da laminadora durante o período avaliado

Operação	Entrada Matéria-prima (m ³)		Saída do Produto (m ³)		Saída de Resíduo (m ³)		Rendim. Produção (%)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Laminação	5964,7	1729,5	2809,7	1015,7	3154,9	912,6	46,5	6,4
Secagem	3198,8	1458,5	2513,3	692,6	77,3	86,6	96,5	3,0
Classificação	2513,3	692,6	2313,4	650,1	199,9	101,3	91,7	3,7
Geral	5964,7	1729,5	2313,4	650,1	2313,4	650,1	40,7	3,4

Avaliando-se os valores apresentados na Tabela 4 pode-se perceber que a quantidade de matéria-prima que entrou no processo ao longo dos meses normalmente não apresentou grandes variações com exceção de poucos meses, tendo uma leve tendência de aumento. Assim também foi para os rendimentos em cada um dos processos produtivos, sendo que a tendência de aumento de rendimento foi verificada no rendimento da operação de laminação. Os itens com maiores variações entre os meses foram a venda de rolo resto e venda de lâminas verdes, sendo que esta última começou a ser realizada somente nos últimos seis meses de análise, com porcentagem crescente.

Os valores apresentados refletem a tendência conhecida de que o rendimento aumenta do início para o final do processo, ou seja, as quantidades de perdas diminuem a medida que o produto vai se aproximando das etapas finais do processo.

Parte da produção de lâminas é destinada para o consumo da própria indústria para a manufatura de painéis, sendo que a proporção é em média de 45,38% de lâminas irem para manufatura de painéis e apenas 20,73% de lâminas irem para a venda, permanecendo o restante do produto no estoque.

O rendimento geral da laminadora foi em média de 40,71%, indicando que mais da metade da matéria-prima que entra no processo torna-se resíduo. Vários fatores influenciam no rendimento, entre eles, tipo de equipamento utilizado, as espécies e o diâmetro das toras.

Além disso, o rendimento determinado neste trabalho é menor que o encontrado em literatura. MIYAKAKI (1989), por exemplo, cita que a perda na laminação de toras de madeiras tropicais é em torno de 23,30%.

Com base no valor de rendimento geral da laminadora foi possível a determinação do consumo de matéria-prima para a produção de 1 m³ de lâmina seca classificada que foi de 2,47 m³ de toras com casca para cada m³ de lâminas seca classificada.

Ocorre venda de parte dos resíduos gerados na laminação das toras. Porém, a porcentagem de vendas dos resíduos ainda é pequena, sendo em torno de 6% do volume total produzido, caracterizada somente por rolos resto, destinados

para a fabricação de pallets. O potencial de venda é muito maior, como demonstra a Tabela 6. Ainda nesta tabela é feita uma comparação entre a porcentagem de rolo resto produzida na indústria estudada como dados apresentados por MIYAZAKI (1989).

Tabela 6 - Produção e venda de resíduos da laminação (rolos resto).

	Produção e Potencial de venda (m³)	Venda real (m³)	Venda (%)	Rolo resto na laminação (%)	Rolo resto na laminação (%) (MIYAZAKI,1989)
Média	362,85	20,46	5,81	5,93	6,60
DP	146,99	20,40	5,24	1,20	-

A porcentagem de rolo resto produzida na laminadora, a partir do volume de toras que entra na indústria se aproxima bastante dos dados obtidos por MIYAZAKI (1989), apesar deste autor ter trabalhado com espécies tropicais e de que a porcentagem de rolo resto é muito influenciado pelo tipo de equipamento utilizado na laminação das toras.

Através da Tabela 6 pode-se perceber ainda que o potencial de venda dos rolos resto produzidos na laminação das toras é bem superior ao praticado pela empresa no período de coleta dos dados, uma vez que a porcentagem de rolos resto vendido era somente de 5,81% do total produzido.

A análise do fluxograma da laminadora, permite ainda a constatação de que as perdas verificadas na secagem e o rendimento na laminação foram menores que os valores usualmente admitidos pela indústria (em torno de 10 a 12% para secagem e em torno de 50% para laminação). Com relação ao menor rendimento da atividade de laminação pode-se dizer que um dos fatores que contribuiu para este fato é que nesta análise foi considerado o rendimento incluindo-se a casca no cálculo, enquanto que a empresa, por medir os diâmetros sem casca antes das toras entrarem no processo, desconsidera a mesma no cálculo do rendimento da laminação.

Com relação à quantidade gerada e participação de cada tipo de resíduos verde para a média mensal total disponível para queima, a laminadora participa com os valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Quantidades e participação dos resíduos verdes para a média mensal total disponível para queima.

Tipo de resíduo verde	Quantidade disponível para queima (m³)		Participação do total de resíduo disponível para queima (%)	
	Média	DP	Média	DP
Laminação	3134,47	888,74	15,53	4,11
Classificação	199,92	101,31	0,98	0,47
Total da indústria	20057,61	1829,16		100

A laminadora participa com apenas 16,51% do resíduo verde destinado para a geração de energia na indústria, sendo o restante fornecido pela serraria.

4. Conclusões

4.1 Análise da Indústria

- a) A indústria é integrada, possuindo uma unidade laminadora de grande porte, com consumo médio mensal de 5900 m³ de toras.
- b) A capacidade produtiva é limitada pelo secador de lâminas, que se constitui no gargalo produtivo.
- c) Existe grande geração de resíduos na unidade, para a qual a indústria possui um sistema de coleta que leva o material para a queima direta na caldeira.

4.2 Determinação do Balanço de Materiais e do Rendimento do Processo Produtivo

- a) O balanço de materiais da laminadora demonstra que a atividade com maior potencial gerador de resíduos foi a laminação dos toretes e que em torno da metade da produção de lâminas secas classificadas foi destinada à manufatura de painéis.
- b) O rendimento geral da laminadora foi menor que o encontrado em literatura e que o admitido pela indústria.
- c) O potencial de venda de resíduos na laminadora foi maior que o praticado pela empresa no período avaliado.
- d) A participação dos resíduos da laminadora para a geração de energia é muito pequena em relação a quantidade total de resíduos destinados para este fim.
- e) A metodologia desenvolvida para o trabalho é simples e pode ser aplicada em outras indústrias do setor madeireiro.

5. Agradecimentos

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realização do trabalho e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

À empresa Battistella Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento dos dados, sem os quais não seria possível o desenvolvimento deste trabalho e em especial para o Sr. Odelir Battistella, Lázaro Tadeu da Silva e Joel de Aviz pelo apoio, conselhos e dedicação para fornecer todas as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

6. Referências bibliográficas

C.T.DONOVAN ASSOCIATES INC. **Opportunities and Constraints Associated with Using Wood Waste for Fuel in Connecticut**. Connecticut: Office of Policy and Management, Energy Division, 1990.

CONEG - Coalition of Northeastern Governors. **Using Recycled Wood Waste as Fuel in the Northeast**. Policy Research Center, Inc - Northeast Regional Biomass Program, 1988.

MIYAZAKI, M. Forestry products and waste. In: KITANI, O. & HALL, CW. **Biomass Handbook**. New York: Gordon and Breach Science Publishers. USA, 1989. p. 160-170.

NATIONAL ASSOCIATION OF FOREST INDUSTRIES. **Forest Today. woodchips**. Disponível: www.nafi.com.au/faq/woodchips.html. Capturado em outubro de 1999.

PATZAK, W. Energia da madeira e de resíduos: estágio atual da pesquisa e da prática na Alemanha ocidental. In: Seminário FLORESTA: potencial energético brasileiro, 1977. **Anais**. p. 73-83.

ROCHA, MP. **Transformação Mecânica**. Série didática. Curitiba: FUPEF, 1998. 86 p.

SOUZA, MR. Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais: experiência do laboratório de produtos florestais - IBAMA na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. Workshop sul-americano sobre usos alternativos de resíduos de origem florestal e urbana, Curitiba, 1997. **Anais**. p. 49-70.

TUSET, A. DURAN, F. **Manual de Madeiras Comerciales, Equipos y Proceso de Utilizacions**. Uruguai: Editorial Hemisfério Sul, 1979.