

## ECOEFICIÊNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA CONSTRUÇÃO DE UM CONJUNTO DE CASAS DE ALTO PADRÃO NA CIDADE DE PELOTAS/RS

**Cíntia de Marco Santos**

Instituto Federal Sul-rio-grandense, Tecnóloga em Gestão Ambiental, Pós-graduanda em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental e Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Wagner David Gerber**

cintiademarcosantos@gmail.com

### RESUMO

A crescente demanda na geração de resíduos sólidos no mundo vem tornando-se foco de muitos estudos em razão de estar diretamente ligado aos impactos ambientais ocasionados por determinadas atividades, comprometendo assim o meio ambiente. O setor da construção civil tem relação direta com a deterioração da qualidade ambiental, por fazer uso de matérias-primas, insumos e auxiliares, acarretando o desperdício de grande quantidade desses materiais nos processos de construção. Os resíduos da construção civil são todos aqueles gerados por construções, reformas, reparos e demolições de obras, havendo necessidade de cuidados específicos para o controle dos mesmos. Dessa forma, os resíduos permitem verificar uma ineficiência nos processos produtivos, afetando diretamente as condições de vida da população. Este trabalho tem como objetivo a aplicação da metodologia de produção mais limpa na construção de um conjunto de casas, bem como o levantamento de práticas de PmaisL realizadas na obra e a quantificação dos resíduos gerados e o estudo de caso para a montagem da fôrma para laje. Para a realização desse estudo, foram coletadas informações através de visitas à obra, onde foi diagnosticada uma geração de diferentes tipos de resíduos. O modelo de montagem da fôrma para laje mostrou-se vantajosa em comparação ao utilizado anteriormente. Por ser um programa ambiental com vantagens econômicas, pode-se verificar a validação da metodologia, visto que o custo associado ao desperdício da madeira obteve uma redução de aproximadamente 76,47% e a geração de resíduos da matéria-prima apresentou uma diminuição de 75,94%, após o programa ser implantado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos, construção civil, Produção mais Limpa, fôrma para laje.

### INTRODUÇÃO

A Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e, por outro lado, comporta-se ainda como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos (SindusCon-SP, 2005).

Os resíduos sólidos da construção civil são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras e resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, cerâmicas, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeira, argamassa, gesso, vidros, plásticos, tubulações, fiações elétricas, comumente chamadas de entulho de obras (Resolução do CONAMA n° 307, de 2002).

Atualmente, a preocupação ambiental diz respeito, entre outras coisas, ao excessivo ou ineficiente consumo de recursos naturais. Na tentativa de redução do impacto causado ao ambiente pelas atividades humanas, todos os segmentos da sociedade têm buscado repensar suas estratégias de produção (LEITE, 2001).

Como uma alternativa para soluções relacionadas a problemas ambientais ocasionados por uma gestão incorreta dos resíduos, surge a Produção Mais Limpa, programa ambiental com vantagens econômicas que agrega processos e produtos juntamente com a economia, o meio ambiente e a tecnologia, visando o aumento da eficiência no uso dos recursos, através da não geração, minimização e reciclagem dos resíduos gerados em um processo produtivo. Estão sendo criados Centros Nacionais de Tecnologias Limpas (CNTL), com a intenção de promover práticas ambientalmente corretas.

Segundo Tibor (*apud* ARAÚJO, 2002), a chave para a prevenção de resíduos é a integração bem sucedida das questões ambientais, das operações e da estratégia do negócio. Essa prática reduz custos e diminui o uso de material e energia, enquanto os controles de final dos processos apenas buscam atender aos parâmetros legais de controle de poluição, geralmente com custos elevados de manutenção dos equipamentos, bem como de assistência técnica e disposição final de resíduos perigosos.

Na construção civil, o processo de montagem de uma laje é de extrema importância, devido ser uma estrutura fundamental para a construção de qualquer tipo de casa. Segundo Nappi (1993) as lajes são caracterizadas como estruturas laminares, normalmente planas e horizontais, solicitadas predominantemente por cargas normais ao seu plano médio.

As lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, que são aqueles onde duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão (espessura). As lajes são também chamadas elementos de superfície ou placas (BASTOS, 2005).

Assim, este trabalho teve como objetivo principal fazer um estudo de caso sobre as alternativas para a montagem da fôrma para laje. Logo, como estudos secundários teve o levantamento das práticas de PmaisL realizadas na obra e a quantificação dos resíduos gerados.

## TEXTO

A unidade de análise, neste trabalho, é a Tetto Construções, micro-empresa fundada em 2002 que fornece serviços no ramo das construções residenciais. Do planejamento do empreendimento até finalização do mesmo, passando pela execução e administração das obras.

A micro-empresa está localizada na Avenida da Paz nº 217, localizada em Pelotas, Rio Grande do Sul e contempla uma área de 901 m<sup>2</sup>. A mesma conta também, em média, com cinco funcionários, além do proprietário.

Para fins de análise comparativa referente aos métodos utilizados para a montagem da fôrma para laje, que compreendem o método antigo, com chapa de madeirite, e a nova fôrma adotada, com chapa galvanizada, utilizou-se o cálculo de áreas e de volumes.

Verificou-se, também, a necessidade de estabelecer indicadores de desempenho, como forma comparativa dos estudos, com o intuito de analisar o volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> de área executada), calculado através da eficiência do uso da madeira, da geração dos resíduos e, também, do custo associado ao desperdício da madeira.

Por fim, foi realizada uma entrevista com o proprietário, através de uma filmagem, com o objetivo de relatar o entendimento do programa de produção mais limpa aplicado nesta obra. As perguntas feitas na entrevista podem ser vistas no apêndice A.

## Práticas gerais de PML realizadas na obra

Observaram-se, nesse estudo, diversas práticas de produção mais limpa realizadas durante a construção das casas. Essas práticas estão relacionadas especificamente à redução da geração de resíduos, devido à vantagem econômica em relação ao antes e depois da reutilização dos mesmos. Por esse enfoque econômico estar ligado ao setor ambiental, têm-se algumas práticas de produção mais limpa realizadas na obra:

- Reutilização da madeira;
- Reutilização da argamassa;
- Reaproveitamento do material de demolição para aterramento de outras obras;
- Em relação ao projeto, são feitos planejamentos de quantidades de materiais que serão utilizados, a fim de não haver sobra ou desperdício exagerado do mesmo.

Além das práticas descritas anteriormente, a obra conta, desde a realização do projeto da mesma, com a instalação de cisternas que captam a água da chuva para finalidades específicas, como por exemplo, molhar a grama e, também, com o sistema de aquecimento solar.

### **Quantificação dos resíduos gerados**

A quantificação foi realizada de forma a obter nas etapas selecionadas, que são limpeza inicial do terreno, estrutura, fechamento de alvenaria, revestimento, cobertura do telhado, instalações prediais e acabamento, a quantidade de resíduos gerados diariamente.

Os dados foram obtidos segundo levantamentos do proprietário, nos quais os resíduos que mais se destacam, por serem os mais gerados, são: entulho de alvenaria, restos de argamassa e restos de madeira. Na tabela 1, os resíduos gerados estão relacionados com cada etapa geradora, bem como com a quantidade gerada de cada um.

**Tabela 1 - Quantificação de resíduos e fontes geradoras**

<b>Atividade</b>	<b>Resíduos Gerados</b>	<b>Quantidade</b>
Fechamento de Alvenaria	Restos de argamassa	0,1 m <sup>3</sup>
	Entulho de alvenaria	0,5 m <sup>3</sup>
	Papel (saco de cimento)	2 m <sup>3</sup>
Revestimento	Restos de argamassa	0,25 m <sup>3</sup>
	Tinta, solvente, óleo, graxas	0,005 m <sup>3</sup>
Estrutura	Restos de madeira	0,25 m <sup>3</sup>
	Concreto	0,5 m <sup>3</sup>
	Metais	20 Kg
Cobertura do telhado	Restos de madeira	0,1 m <sup>3</sup>
	Restos de telha	0,1 m <sup>3</sup>
Instalações prediais	Entulho de alvenaria	0,3 m <sup>3</sup>
Acabamento	Restos de cerâmica	0,1 m <sup>3</sup>
	Papel (embalagens)	0,5 m <sup>3</sup>
Limpeza do terreno	Entulho da limpeza inicial do terreno	10 m <sup>3</sup>

A composição dos resíduos gerados nesta obra pode ser visto na figura 1.

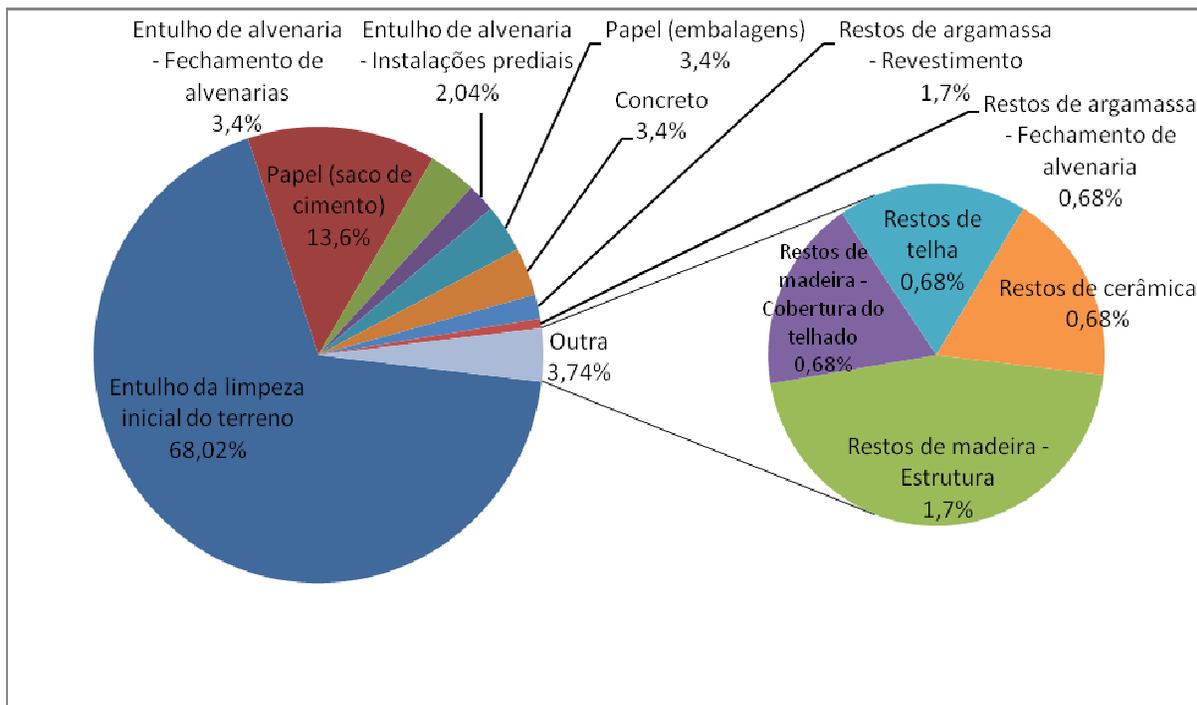


Figura 1 – Composição dos resíduos

Os resíduos gerados em mais de uma etapa aparecem com suas respectivas fases geradoras. O entulho da limpeza inicial do terreno destaca-se por ser mais da metade de todo o resíduo gerado nesta obra. Seguido deste há o resíduo papel do saco de cimento, que por ser em grande quantidade, também mostra-se necessário adequar-se a uma medida mitigatória.

Os demais resíduos gerados não contemplam uma escala tão preocupante quanto os ditos anteriormente, porém, para fins de melhoria em relação à produção mais limpa, é necessário um controle dos mesmos, bem como alternativas de aproveitamento ou minimização.

### Estudo de caso: fôrma para laje

Conforme o estudo realizado para fins de obtenção de informações sobre práticas de PmL que poderiam ser realizadas na obra, percebeu-se a existência de uma espécie de “moldura” para a construção da laje, chamado de gradilho.

Anteriormente, para a construção da laje, utilizavam-se escoras de eucalipto, longarinas de pinus e, também, chapa de madeirite, havendo uma baixa vida útil do material, pois com a umidade o mesmo ficava comprometido para ser utilizado novamente, ocasionando assim uma grande geração de resíduos de madeira.

Com o intuito de uma melhoria tanto relacionada ao tempo gasto com o corte das madeiras como à economia, foi realizada uma técnica de melhor aproveitamento desse material. A mesma foi implementada através de um gradilho (1m x 70 cm), com longarinas de pinus e eucalipto, chapa galvanizada e, também, escoras de eucalipto. Esse procedimento mostra-se eficiente devido ao encaixe entre as longarinas de eucalipto, podendo mover-se conforme o tamanho da peça.

Como nesta obra não se utiliza mais o método com chapas de madeirite, a figura 2 comparativa mostrada a seguir não representa esta obra, e sim uma construção genérica.



Figura 2 – Fôrma da laje com chapa de madeirite. Fonte: Projeto de residência - Steves Rocha<sup>1</sup>

As figuras 3 e 4 foram obtidas na obra quando da realização do processo de fabricação da laje.



Figura 3 – Fôrma da laje com chapa galvanizada. Fonte: Autor do trabalho.

<sup>1</sup> Imagem retirada do endereço eletrônico de Steves Rocha. Disponível na internet em [http://stevesrocha.blogspot.com/2008\\_05\\_01\\_archive.html](http://stevesrocha.blogspot.com/2008_05_01_archive.html)



**Figura 4 – Fôrma da laje com chapa galvanizada, vista escoras de eucalipto. Fonte: Autor do trabalho.**

Devido à dificuldade de armazenamento das madeiras utilizadas anteriormente na construção das lajes, pensou-se também na forma como seria retido esse material, e conforme figura 5, pode-se ver a facilidade de armazenamento. O material foi feito com a intenção de ser facilmente guardado, para que não houvesse perigo do mesmo ficar exposto de forma a se deteriorar.

Com relação ainda ao armazenamento do material utilizado, vale ressaltar a grande viabilidade das chapas galvanizadas. Mostra-se evidente a maior facilidade de armazenamento das mesmas comparando-se com as chapas de madeirite. Enquanto estas necessitariam de um amplo local de depósito, devido sua maior espessura, as chapas galvanizadas são estocadas em um pequeno espaço. Isso pode ser visto na figura 6.



Figura 5 – Forma de acondicionamento da fôrma para laje. Fonte: Autor do trabalho.



Figura 6 – Forma de armazenamento das chapas galvanizadas. Fonte: Autor do trabalho.

### Cálculos

A chapa de madeirite normalmente era utilizada para cada fabricação da laje, apenas uma vez, enquanto que, segundo levantamentos com proprietário, a chapa galvanizada pode ser reutilizada no mínimo quatro vezes. Diante disso, os cálculos apresentados no apêndice B em relação à compra da chapa de madeirite foram considerados para quatro obras, tornando-se equivalente a chapa galvanizada, visto que esta não necessita de recortes na realização da montagem da fôrma para a laje.

Nas tabelas 2 e 3 pode ser visto os resultados antes e depois da PmL.

**Tabela 2 – Valores antes PmL**

Material	Medidas	Quantidade	Compra (m <sup>3</sup> )	Resíduos (m <sup>3</sup> )
Escoras de eucalipto	3 m x 0,12 m de D	450	61,04	6,1072
Longarinas de Pinus	0,15 m x 2,70 m	80	3,24	0,96
	0,20 m x 2,70 m	40	2,16	
Chapa de madeirite	1,10 m x 2,20 m	100	13,55	0,0135
			Total = 79,99	Total = 7,0807

**Tabela 3 – Valores após PmL**

Material	Medidas	Quantidade	Compra (m <sup>3</sup> )	Resíduos (m <sup>3</sup> )
Escoras de eucalipto	3 m x 0,12 m de D	450	15,26	1,5268
Longarinas de Pinus	0,15 m x 2,70 m	80	0,81	0,0404
	0,20 m x 2,70 m	40	0,54	
Longarinas de eucalipto	0,015 m x 5,40 m	96	1,94	0,1215
Chapa galvanizada	1 m x 2 m	120	0,288	0
			Total = 18,84	Total = 1,7157

Os indicadores ambientais utilizados como comparação para a realização dos cálculos entre o antes e o depois da aplicação da metodologia, podem ser visto na tabela 4.

**Tabela 4 – Indicadores antes e após PmL**

Indicador	Antes PmL	Pós PmL	Redução (%)
Eficiência no uso da madeira	0,362 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,085 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	76,52
Geração de resíduos da madeira	0,0320 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,0077 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	75,94
Custo associado ao desperdício da madeira	R\$ 4,93 / m <sup>2</sup>	R\$ 1,16 / m <sup>2</sup>	76,47

A redução em 76,52% no uso da madeira permitiu uma otimização na compra do material, assim, pode-se comprar menos madeira por m<sup>2</sup> de área executada.

Diante disso, é possível verificar que o estudo dispõe de algumas vantagens, como por exemplo em relação ao custo associado ao desperdício da madeira, visto que com o estilo antigo de montagem da fôrma para laje, o custo era em torno de R\$ 4,93 por m<sup>2</sup>, enquanto que após a utilização de alternativas benéficas ao meio ambiente, e também economicamente, o custo ficou R\$ 1,16 por m<sup>2</sup>.

Da mesma forma, a redução na geração de resíduos da madeira também se mostra como uma grande vantagem devido à diminuição de aproximadamente 75,94% de geração de resíduos em relação ao método utilizado anteriormente pelo proprietário. O projeto evidencia-se como uma excelente ferramenta para a minimização de resíduos na execução da montagem da fôrma para a laje.

Em relação a uma previsão anual das construções da montagem da fôrma para a laje, destaca-se a construção de três casas realizadas pelo proprietário. Como forma de uma melhor visualização e, também, um melhor entendimento, mostra-se que o custo associado ao desperdício da madeira aumenta significativamente. Antes da PmL o custo ficou R\$14,79 e após o programa R\$3,48. A diferença de R\$11,31 / m<sup>2</sup> evidencia as vantagens da aplicação da metodologia, visto que a diminuição durante um ano é muito significativa.

O memorial de cálculo pode ser visto no apêndice B.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, Alexandre Feller. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil.** Florianópolis: Dissertação de mestrado. 2002.
2. BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de concreto.** São Paulo: 2005. (Apostila da disciplina Estruturas de Concreto I, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista - UNESP)
3. CONAMA. **Resolução N° 307, de 05 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no DOU de 17 de julho de 2002.
4. LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 200. 270 f. Tese – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, 2001.
5. NAPPI, Sérgio Castello Branco. **Análise comparativa entre lajes maciças, com vigotes pré-moldados e nervuradas.** Florianópolis: 1993.
6. SINDUSCON. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil. A experiência do SindusCon-SP.** São Paulo, 2005.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – PERGUNTAS REFERENTES À ENTREVISTA REALIZADA COM O PROPRIETÁRIO DA OBRA.

- 1) Qual o seu conhecimento sobre a Produção mais Limpa?
- 2) Como você aproveitou este programa na sua obra?
- 3) Quais as razões que o levaram a adotar estas práticas, mesmo antes de conhecer a Produção mais Limpa?
- 4) Essas práticas foram somente econômicas ou havia uma preocupação ambiental?
- 5) A partir dessas práticas obtiveram-se quais benefícios?
- 6) Por que houve a troca da chapa de madeirite pela chapa galvanizada?
- 7) A chapa galvanizada tornou-se viável economicamente? E ambientalmente?

### APÊNDICE B - MEMORIAL DE CÁLCULO

**Tabela 5 – Medidas referentes aos materiais utilizados**

Material	Medidas	Espessura
Escoras de eucalipto	3 m x 12 cm de diâmetro	
Longarinas de pinus	2,70 m x 15 cm	2,5 cm
	2,70 m x 20 cm	
Longarinas de eucalipto	5,40 m x 15 cm	2,5 cm
Chapa galvanizada	2 m x 1 m	1,2 mm
Chapa de madeirite	2,20 m x 1,10 m	14 mm

Antes PmL

- Área analisada = 221 m<sup>2</sup>

#### Dados de compra

1. Escoras de eucalipto (3 m x 12 cm D) – 450 escoras

$$A = \frac{L \times \pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{3 \text{ m} \times 3,1416 \cdot (0,12 \text{ m})^2}{4}$$

$$V = 0,0339 \text{ m} \times 450 = 15,26 \text{ m}^3 \times 4 = 61,04 \text{ m}^3$$

2. Longarinas de pinus (2,70 m x 15 cm x 2,5 cm) – 80 longarinas

$$A = L \times b$$

$$A = 2,70 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} = 0,405 \text{ m}^2$$

$$V = A \times b$$

$$V = 0,405 \text{ m}^2 \times 0,025 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^3$$

$$V = 0,01 \text{ m}^3 \times 80 = 0,81 \text{ m}^3 \times 4 = 3,24 \text{ m}^3$$

3. Longarinas de pinus (2,70 m x 20 cm x 2,5 cm) – 40 longarinas

$$A = L \times b$$

$$A = 2,70 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = 0,50 \text{ m}^2$$

$$V = A \times b$$

$$V = 0,50 \text{ m}^2 \times 0,025 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^3$$

$$V = 0,1 \text{ m}^3 \times 40 = 0,54 \text{ m}^3 \times 4 = 2,16 \text{ m}^3$$

4. Chapa de madeirite (1,10 m x 2,20 m x 14 mm) – 100 chapas

$$A = L \times b$$

$$A = 2,20 \text{ m} \times 1,10 \text{ m} = 2,42 \text{ m}^2$$

$$V = 2,42 \text{ m}^2 \times 0,014 \text{ m} = 0,03388 \text{ m}^3$$

$$V = 0,03388 \text{ m}^3 \times 100 = 3,388 \text{ m}^3 \times 4 = 13,55 \text{ m}^3$$

**Total = 79,99 m<sup>3</sup>**

#### Volume de resíduos gerados

1. Resíduo de escoras de eucalipto

$$\text{Resíduo} = 450 \times 0,3 \text{ m} \times \frac{(0,12 \text{ m})^2}{4}$$

$$\text{Resíduo} = 1,5268 \text{ m}^3 \times 4 = 6,1072 \text{ m}^3$$

2. Resíduo de longarinas de pinus

15 cm –

$$V = 0,01 \text{ m}^3 \times 4 \text{ longarinas}$$

$$\text{Resíduo} = 0,04 \text{ m}^3 \times 4 = 0,16 \text{ m}^3$$

20 cm –

$$V = 0,1 \text{ m}^3 \times 2 \text{ longarinas}$$

$$\text{Resíduo} = 0,2 \text{ m}^3 \times 4 = 0,8$$

$$\text{Total} = 0,24 \text{ m}^3 = 0,96 \text{ m}^3$$

3. Resíduo chapa de madeirite

$$A = 2,42 \text{ m}^2 \times 10\% = 0,242 \text{ m}^2$$

$$V = 0,242 \text{ m}^2 \times 0,014 \text{ m} = 0,003388 \text{ m}^3$$

$$\text{Resíduo} = 0,003388 \text{ m}^3 \times 4 = 0,0135 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 7,0807 \text{ m}^3$$

Pós PmL

➤ Área analisada = 221 m<sup>2</sup>

Dados de compra

4. Escoras de eucalipto (3 m x 12 cm D) – 450 escoras

$$A = \frac{L \times \pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{3 \text{ m} \times 3,1416 \cdot (0,12 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0,0339 \text{ m} \times 450 = 15,26 \text{ m}^2$$

5. Longarinas de pinus (2,70 m x 15 cm x 2,5 cm) – 80 longarinas

$$A = L \times b$$

$$A = 2,70 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} = 0,405 \text{ m}^2$$

$$V = A \times b$$

$$V = 0,405 \text{ m}^2 \times 0,025 \text{ m} = 0,0101 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0101 \text{ m}^3 \times 80 = 0,81 \text{ m}^3$$

6. Longarinas de pinus (2,70 m x 20 cm x 2,5 cm) – 40 longarinas

$$A = L \times b$$

$$A = 2,70 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = 0,54 \text{ m}^2$$

$$V = A \times b$$

$$V = 0,54 \text{ m}^2 \times 0,025 \text{ m} = 0,0135 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0135 \text{ m}^3 \times 40 = 0,54 \text{ m}^3$$

7. Longarinas de eucalipto (5,40 m x 0,15 cm x 2,5 cm) – 96 longarinas

$$A = L \times b$$

$$A = 5,40 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} = 0,81 \text{ m}^2$$

$$V = A \times b$$

$$V = 0,81 \text{ m}^2 \times 0,025 \text{ m} = 0,02025 \text{ m}^3$$

$$V = 0,02025 \text{ m}^3 \times 96 = 1,944 \text{ m}^3$$

8. Chapa galvanizada (1 m x 2 m x 1,2 mm) – 120 chapas

$$A = L \times b$$

$$A = 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$$

$$V = A \times b$$

$$V = 2 \text{ m}^2 \times 0,0012 \text{ m} = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0024 \text{ m}^3 \times 120 = 0,288 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 18,84 \text{ m}^3$$

#### Volume de resíduos gerados

1. Resíduo de escoras de eucalipto

$$\text{Resíduo} = 450 \times 0,3 \text{ m} \times \frac{(6 \times (0,12 \text{ m})^2)}{4}$$

$$\text{Resíduo} = 1,5268 \text{ m}^3$$

2. Resíduo de longarinas de pinus

15 cm –

$$V = 0,0101 \text{ m}^3 \times 4 \text{ longarinas}$$

$$\text{Resíduo} = 0,0404 \text{ m}^3$$

20 cm –

$$V = 0,0135 \text{ m}^3 \times 2 \text{ longarinas}$$

$$\text{Resíduo} = 0,027 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 0,0674 \text{ m}^3$$

3. Resíduo de longarinas de eucalipto

$$V = 0,02025 \text{ m}^3 \times 6 \text{ longarinas}$$

$$\text{Resíduo} = 0,1215 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 1,71 \text{ m}^3$$

Antes PmL

Área de madeiramento executada – 221 m<sup>2</sup>

Total compra – 79,99 m<sup>3</sup>

Total resíduos – 7,0807 m<sup>3</sup>

Indicadores ambientais

**Eficiência no uso da madeira**

$$\text{Eficiência no uso da madeira} = \frac{\text{Total da compra da madeira}}{\text{Área de madeiramento executada}}$$

$$\text{Eficiência no uso da madeira} = \frac{79,99}{221}$$

$$\text{Eficiência no uso da madeira} = 0,3619 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

**Geração de resíduos da madeira**

$$\text{Geração de resíduos da madeira} = \frac{\text{Total de resíduos}}{\text{Área de madeiramento executada}}$$

$$\text{Geração de resíduos da madeira} = \frac{7,0807}{221}$$

$$\text{Geração de resíduos da madeira} = 0,032 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

**Custo associado ao desperdício da madeira**

$$\text{Custo} = \frac{\text{Custo do m}^3 \text{ da madeira} \times \text{Volume de resíduos gerados por tipo de peça}}{\text{Área de madeiramento executada}}$$

- Escoras de eucalipto

$$\text{Custo} = \frac{105 \times 6,1072 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2} = 2,9016 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

- Longarinas de pinus

$$\text{Custo} = \frac{460 \times 0,96 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2} = 1,9981 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

- Chapa de madeirite

$$\text{Custo} = \frac{540 \times 0,0135 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2} = 0,0329 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

$$\text{Total} = 4,93 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

### Pós PmL

Área de madeiramento executada – 221 m<sup>2</sup>

Total compra – 18,84 m<sup>3</sup>

Total resíduos – 1,7157 m<sup>3</sup>

### Indicadores ambientais

#### Eficiência no uso da madeira

$$\text{Eficiência no uso da madeira} = \frac{\text{Total da compra da madeira}}{\text{Área de madeiramento executada}}$$

$$\text{Eficiência no uso da madeira} = \frac{18,84 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2}$$

$$\text{Eficiência no uso da madeira} = 0,085 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

#### Geração de resíduos da madeira

$$\text{Geração de resíduos da madeira} = \frac{\text{Total de resíduos}}{\text{Área de madeiramento executada}}$$

$$\text{Geração de resíduos da madeira} = \frac{1,7157 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2}$$

$$\text{Geração de resíduos da madeira} = 0,0077 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

#### Custo associado ao desperdício da madeira

$$\text{Custo} = \frac{\text{Custo do m}^3 \text{ da madeira} \times \text{Volume de resíduos gerados por tipo de peça}}{\text{Área de madeiramento executada}}$$

- Escoras de eucalipto

$$\text{Custo} = \frac{105 \times 1,5268 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2} = 0,7254 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

- Longarinas de pinus

$$\text{Custo} = \frac{460 \times 0,0674 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2} = 0,1402 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

- Longarinas de eucalipto

$$\text{Custo} = \frac{539 \times 0,1215 \text{ m}^3}{221 \text{ m}^2} = 0,2963 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

$$\text{Total} = 1,16 \text{ m}^3/\text{m}^2$$