



3<sup>rd</sup>  
INTERNATIONAL WORKSHOP  
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

---

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

## Reduction in Generation of Scrap Metal by Internal Reuse and External Recycling at Serralheria Montanheza

A. D. Bernardino<sup>a</sup>, E. N. Aqua<sup>b</sup>, L. R. S. Vieira<sup>c</sup>

*a. Centro Universitário UNA, Belo Horizonte, Brazil, aluizio.bernardino@prof.una.br*

*b. Aquatech Associates, Florida, USA, edwardaqua@bellsouth.net*

*c. Secretariat of Science, Technology and Higher Education of the State of Minas Gerais, SECTES, Brazil, leniavieira@uol.com.br*

---

### Abstract

The Serralheria Montanheza (Montanheza Metalworks) is a microenterprise with 02 owners and 4 employees. The company produces thermo-acoustic roofing, both glass and polycarbonate, ladders, handrails of stainless steel and steel, fences, gates and doors.

During the year 2010, data was collected from Serralheria Montanheza which resulted in this pioneering and innovative proposal in this sector. The data demonstrated the need for the implantation of the UNEP Cleaner Production Methodology (CP).

The objective of this Case Study is to set up a segregated scrap metal collection program, in which the company would separate the different kinds of scrap metals generated during its production process for external recycling. The scrap metals would be delivered to “Bolsa de Resíduos da FIEMG” (The Residue Exchange of FIEMG).

The program would generate new business opportunities, that is, strengthen the local metal recycling market, with the help of the private sector.

There are different kinds of scrap metals in Serralheria Montanheza waste (stainless steel and steel) around 900 kg/year. The segregation process should be as efficient as possible to obtain maximum economic benefit.

The average purchase prices of the scrap metal in the Belo Horizonte market, in November 2010, were: stainless steel series 400 at R\$500,00/ton., stainless steel series 300 at R\$2500,00/ton., and steel at R\$150,00/ton.

By segregating metallic residues it will be possible to quantify the volume and cost to Serralheria Montanheza. As a result, it will be possible to identify the best opportunities for business in the exchange market.

Currently, Serralheria Montanheza gets no revenue from scrap metals sales, as there is no segregation program and these metals have been donated.

By using the scrap metal segregation tool, the company might have earned, for example, R\$148,92/year at November 2010 price quotes.

This revenue would represent around 35% of one monthly energy bill of Serralheria Montanheza.

An indicator would be used to track and evaluate scrap metal generation. This indicator will be called The Scrap Metal Generation Indicator and will measure by kilogram of scrap metal/ kilogram of stainless steel and steel.

**Keywords:** *Cleaner Production, scrap metal, indicator, recycling and business.*

---

---

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

SÃO PAULO – BRAZIL – MAY 18<sup>TH</sup>-20<sup>ND</sup> – 2011

## 1. ESTUDO DE CASO NA CATEGORIA RELATÓRIOS SOBRE EXPERIÊNCIAS ORGANIZACIONAIS

### **Nome do estudo de caso:** **Redução da geração de sucatas metálicas por meio da reutilização interna e reciclagem externa.**

---

#### 1.1. Descrição do estudo de caso.

Sucatas metálicas são todos os rejeitos de metal oriundos do processo produtivo da Serralheria Montanheza, geradas nas etapas 5.0 a 5.4, e que utilizam como matéria-prima os perfis, as barras e as chapas de metais.

Este estudo de caso objetiva implantar a coleta seletiva de metais na Serralheria Montanheza para separar os diferentes tipos de sucata gerados no processo de produção viabilizando o processo de reciclagem externa. As sucatas segregadas serão entregues na Bolsa de Resíduos da FIEMG para se potencializar e gerar novas oportunidades de negócios com a sucata metálica, ou seja, fortalecer a indústria da sucata metálica, o metal secundário; com o apoio da iniciativa privada.

Devido à diversidade dos tipos de sucata de metal presentes no lixo da Serralheria Montanheza, aproximadamente, 900 kg/ano, o trabalho de triagem deve ser o mais eficiente possível para que ocorra um bom aproveitamento da sucata, pode ocorrer, por exemplo, a necessidade de operações complementares, como a eliminação de óleo de limalhas, possível remoção ou diluição, antes do reprocessamento do revestimento de latas de aço de tintas com materiais como estanho e cromo que lhes confere maior resistência contra a corrosão.

O metal, na forma de sucata, tem grande importância na indústria metalúrgica brasileira. A reciclagem de metais, principalmente, a de ferrosos, apresenta também papel socioeconômico, uma vez que dela dependem inúmeras fundições de pequeno porte, instaladas nas áreas industriais das cidades.

É importante notar que os gastos em energia são os predominantes na produção de metais. Estes fatos explicam o interesse pela reciclagem por parte dos fabricantes do metal, que são os grandes aliados e mesmo líderes das campanhas de reciclagem de metais. A grande vantagem da reciclagem dos metais é a de se evitar as despesas da fase de redução do minério a metal. Essa fase envolve um alto consumo de energia, requer transporte de grandes volumes de minério e instalações caras, destinadas à produção em grande escala.

Os metais presentes nos resíduos sólidos industriais da Serralheria Montanheza são, principalmente, o aço carbono e o aço Inox, que são gerados principalmente na etapa de Corte (5.1).

Como não existe na empresa um processo de segregação dos diversos tipos de sucatas metálicas (limalha, cavacos, pontas não aproveitáveis, peças confeccionada de maneira inadequada, brocas usadas/ quebradas, lâmina de serra usada/ danificada etc.) não há como precisar a geração destes resíduos sólidos industriais por etapa do processo.

Na etapa de Acabamento (13.1), são geradas as sucatas metálicas das latas de Primer, tintas e de solventes vazias, que são latas de aço não-revestidas. Elas serão segregadas e destinadas à reciclagem externa.

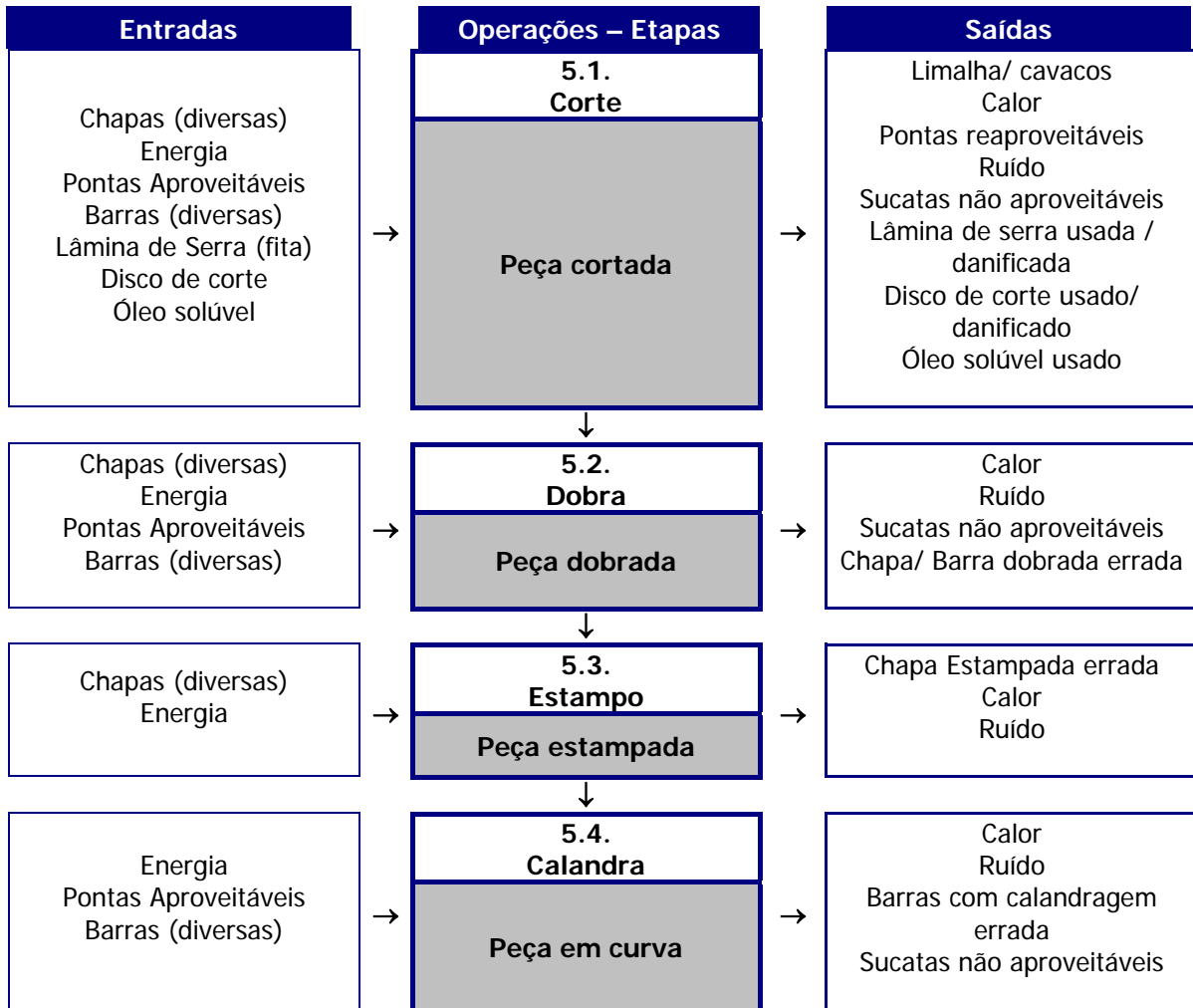
Os valores médios de compra de sucata metálica para o aço carbono e inoxidável no comércio da Região Metropolitana de Belo Horizonte no mês de novembro de 2010 são: aço inoxidável série 400, R\$500,00/ton e série 300, R\$2500,00/ton, e aço carbono R\$150,00/ton.

Com a segregação dos resíduos metálicos será possível quantificar exatamente quais são os de maior volume e custo na Serralheria Montanheza, conseqüentemente, poderão ser identificados os que possuem maior oportunidade de negócios na bolsa de resíduos.

## 1.2. Análise quantitativa de entradas e saídas do processo ANTES da implantação do estudo de caso de P+L

ENTRADAS			PROCESSO PRODUTIVO	SAÍDAS		
Matérias-primas, insumos e auxiliares kg	Água m <sup>3</sup>	Energia kWh	Etapas	Efluentes Líquidos m <sup>3</sup>	Resíduos Sólidos kg	Emissões Atmosféricas m <sup>3</sup>
			5.1 Corte			
Aço carbono 13.483,2		1817,0	Produto* Peça cortada			
			5.2 Dobra			
		435,7	Produto* Peça dobrada			
	Não aplicável		5.3 Estampagem	Não aplicável	Sucata 900,0	Não aplicável
		730,6	Produto* Peça estampada			
Aço Inoxidável 822,7			5.4 Calandragem			
		151,0	Produto* Peça em curva			
<b>14.305,9</b>	<b>0,0</b>	<b>3.134,3</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0,0</b>	<b>900,0</b>	<b>0,0</b>

## 1.3. Plano de medição



## 1.3.1. Ficha do plano de medição

**FICHA DO PLANO DE MEDIÇÃO****Metodologia utilizada para realizar as medições**

Pesar a quantidade das sucatas metálicas originadas nas etapas do fluxograma intermediário 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4. Os resíduos são sucatas não aproveitáveis de aço carbono e inox, tais como restos de chapas, barras, lâminas de serra usadas/ danificadas.

Segregação dos tipos de sucatas metálicas em tambores (200L) ou baldes (20L) identificando os tipos de resíduos por meio de cores e etiquetados.

Capacitação dos colaboradores para execução da coleta seletiva de uma maneira mais eficiente possível, para que ocorra uma seleção adequada da sucata.

Cálculo em kilograma do aço carbono/ inox utilizado mensalmente para produção das peças acabadas. Conforme indicação do fornecedor de barras, chapas e perfis de aço carbono/ inox.

**Determinação dos recursos necessários**

Computador para arquivar e calcular o índice, em planilhas eletrônicas.

Planilha com a anotação da massa gerada dos tipos de sucatas, em kilograma, segregada.

Planilha com a anotação de consumo mensal em kilograma, de aço carbono e inoxidável utilizados para produção de peças.

**Definição da frequência, período e parâmetros a serem monitorados**

<b>Parâmetro</b>	<b>Frequência</b>	<b>Período</b>
Massa de sucata não aproveitável	Mensal	Dias úteis do mês
Massa de lâmina de serra usada/danificada	Mensal	Dias úteis do mês
Massa de aço carbono (barras, chapas)	Mensal	Dias úteis do mês
Massa de aço Inox (barras, chapas)	Mensal	Dias úteis do mês

**Responsável pela coleta de dados:** Conforme definição da empresa

**Cargo:** Serralheiro **Data:** Mensalmente

## 1.3.2. Indicadores

Indicadores	Antes da implantação do estudo de caso		Após a implantação do estudo de caso	
	Índice	Unidade	Índice	Unidade
<b>Geração de sucata não aproveitável por produto de aço carbono</b>	0,0668*	kg sucata/ kg aço	0,06515***	kg sucata/ kg aço
<b>Geração de sucata não aproveitável por produto de aço inox</b>	**	kg sucata inox/ kg Inox	**	kg sucata inox/ kg Inox
<b>Geração de lâmina de serra danificada/usada por produto</b>	**	kg/kg	**	kg/kg
<b>Redução do consumo de aço carbono por produto</b>	**	kg/kg	**	kg/kg
<b>Redução do consumo de aço inox por produto</b>	**	kg/kg	**	kg/kg

\* Valor anual referente ao ano de 2009. Nesse ano não havia segregação dos tipos de sucatas, o valor é referente a todas as sucatas miúda geradas.

\*\* Valores a serem identificados após a implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos inertes.

\*\*\* Valor estimado com base em dados científicos obtidos por meio de pesquisa com profissionais do setor de fundição. (VIEIRA, Lênia R. Souza, 2004, ed. Santa Clara)

## 1.3.3. Ficha de controle de indicadores

<b>FICHA DE CONTROLE DO INDICADOR</b>		
NOME DO INDICADOR <sup>1</sup> : Geração de sucata metálica não aproveitável <sup>2</sup> / produto de aço carbono pintado e inox		
<b>Objetivo da adoção do indicador</b>		
Monitorar e avaliar a geração de sucata metálica por quilograma de aço carbono pintado e inox. Objetivando a minimização da geração deste resíduo na fonte.		
<b>Descrição do indicador</b>		
Trata-se de indicador de geração de resíduos sólidos por quilograma de produto produzido que será utilizado no monitoramento e avaliação das etapas 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 do fluxograma intermediário de processo. Sendo medido em quilograma de sucata metálica/ quilograma de aço carbono pintado e inox.		
<b>Ação a ser adotada ou procedimento a ser revisado para melhorar o índice do indicador</b>		
Otimização das etapas 5.1 até 5.4, por meio do treinamento dos empregados para se identificar as possíveis falhas nos equipamentos desta etapas, minimizando a geração da sucata metálica, implantar a segregação e o manuseio adequado dos resíduos sólidos.		
<b>Classificação e desenvolvimento da base de dados</b>		
Criação de uma base de dados sobre a gestão ambiental com foco em resíduos sólidos inertes na Serralheria Montanha.		
Medição manual da sucata metálica por meio da pesagem do resíduo gerado mensalmente na etapa 5.		
Medição manual de aço carbono utilizado mensalmente para produção das peças acabadas.		
Planilha com a anotação da geração mensal de sucata metálica, utilizando a massa pesada em quilograma.		
Planilha com a anotação de consumo mensal em quilograma, de aço carbono utilizado para produção de peças.		
<b>Determinação dos recursos necessários</b>		
Balança para pesagem dos resíduos listados anteriormente.		
Tambores e latas em cores diferentes e identificação de resíduos sólido inerte segregado.		
Computador para arquivar e calcular o índice, em planilhas eletrônicas.		
<b>Busca de fatores de conversão</b>		
Metragem de aço carbono x fator de conversão do aço carbono.		
1kg = 1000g		
1t = 1000kg		
<b>Definição da frequência, período e parâmetros a serem monitorados</b>		
Parâmetro	Frequência	Período
Massa de sucata de aço carbono não aproveitável	Mensal	Dias úteis do mês
Massa de sucata de aço inoxidável não aproveitável	Mensal	Dias úteis do mês
Massa de lâmina de serra usada/danificada	Mensal	Dias úteis do mês
Massa de aço carbono (barras, chapas)	Mensal	Dias úteis do mês
Massa de aço Inox (barras, chapas)	Mensal	Dias úteis do mês
<b>Nome do responsável pela coleta de dados:</b>	<b>Conforme definição da empresa</b>	
<b>Cargo:</b> Serralheiro	<b>Data:</b> Mensalmente	

<sup>1</sup> Este indicador é geral, pois a empresa trabalha por encomenda o que dificulta criar um indicador para cada tipo de produto de aço carbono ou inox.

<sup>2</sup> A empresa já possui um sistema de aproveitamento de material, desta forma apenas a "Sucata metálica não aproveitável" será contabilizada, entende-se por não aproveitável o material que possua tamanha insuficiente para ser utilizado em algum produto.



## 1.4. Análise quantitativa de entradas e saídas do processo APÓS a implantação do estudo de caso de P+L

ENTRADAS			PROCESSO PRODUTIVO	SAÍDAS		
Matérias-primas, insumos e auxiliares kg	Água m <sup>3</sup>	Energia* kWh	Etapas	Efluentes Líquidos m <sup>3</sup>	Resíduos Sólidos* kg	Emissões Atmosféricas m <sup>3</sup>
Aço carbono 13.483,2	Não aplicável	1.771,6	5.1 Corte Produto* Peça cortada	Não aplicável	Sucata de aço carbono 828,1 <sup>1</sup>	Não aplicável
		424,8	5.2 Dobra Produto* Peça dobrada		Sucata de aço inoxidável 49,4 <sup>2</sup>	
Aço Inoxidável 822,7	Não aplicável	712,3	5.3 Estampagem Produto* Peça estampada		Sucata de lâmina de serra fita **	
		147,2	5.4 Calandragem Produto* Peça em curva			
<b>14.305,9</b>	<b>0,0</b>	<b>3.055,9</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0,0</b>	<b>877,5</b>	<b>0,0</b>

<sup>1</sup> Valor estimado proporcionalmente em relação à quantidade de aço carbono utilizado em torno de 94%, no total da sucata metálica.

<sup>2</sup> Valor estimado proporcionalmente em relação à quantidade de aço inoxidável utilizado em torno de 6%, no total da sucata metálica.

\* Valores estimados com base em dados científicos obtidos por meio de pesquisa com profissionais da área fundição. (VIEIRA, Lênia R. Souza, 2004, ed. Santa Clara), sendo aplicada em primeiro momento à segregação correta de sucata metálica e numa segunda etapa aplicada à minimização na fonte, ou seja, redução do consumo de matéria prima, conseqüentemente menor geração de sucata metálica.

\*\* Valores que serão levantados após implantação da coleta seletiva de resíduos inertes.

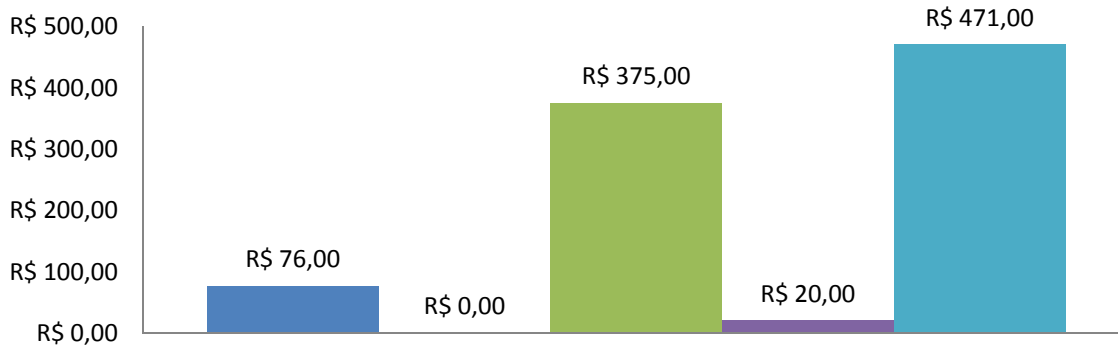
## 1.4.1. Resumo de dados para avaliação econômica

– Custo da Modificação	
Preço dos tambores de 200 litros de cores diferentes e com identificação para aço carbono e aço inoxidável (2 unid.)	R\$76,00
Preço dos baldes de cores diferentes e com identificação (reaproveitamento dos baldes de primer limpos, 3 unid.)	R\$0,00
Custo do treinamento dos funcionários (3h45min.)	R\$375,00
Custo do transporte da sucata (transporte próprio – caminhonete a diesel, custo de R\$1,00/km rodado – 1,00x20)	R\$20,00
Total – 1	R\$471,00
– Custo operacional antes da P+L	
Doação do resíduo sólido inerte (sucata metálica – 900kgxR\$0,00)	R\$0,00
Segregação dos materiais metálicos	R\$0,00
Energia elétrica (consumo anual x custo médio do kWh – 3.134,3xR\$0,4821)	R\$1.511,05
Total – 2	R\$1.511,05
– Custo operacional depois da P+L	
Custo anual do transporte da sucata de aço metálica	R\$20,00
Energia elétrica (consumo anual x custo médio do kWh – 3.055,90xR\$0,4821 - apenas com ED.Ambiental) <sup>1</sup>	R\$1.473,25
Total – 3	R\$1.493,25
– Benefício econômico	
Venda de sucata de aço carbono bolsa de resíduos (kg sucata aço carb. x preço do kg de sucata aço carb. – 828,1xR\$0,15) <sup>2</sup>	R\$124,22
Venda de sucata de aço inoxidável na bolsa de resíduos (kg sucata aço inox x preço do kg de sucata aço inox – 49,40xR\$0,50) <sup>2</sup>	R\$24,70
Redução Energia elétrica (consumo anual x custo médio do kWh – 78,4xR\$0,4821 - apenas com ED.Ambiental)	R\$37,80
Total – 4	186,72
– Benefício ambiental (quando for possível quantificar em valores)	
Redução do consumo de matéria prima, tais como minério, carvão e outros, para produção de aço.	
Redução do consumo de energia elétrica na cadeia produtiva do aço.	
Reciclagem de aço carbono e inoxidável.	
Total – 5	
– Tempo de retorno do investimento	
Total – 1 (Custo da Modificação) / Total – 4 (Benefício Econômico)	2,5 anos



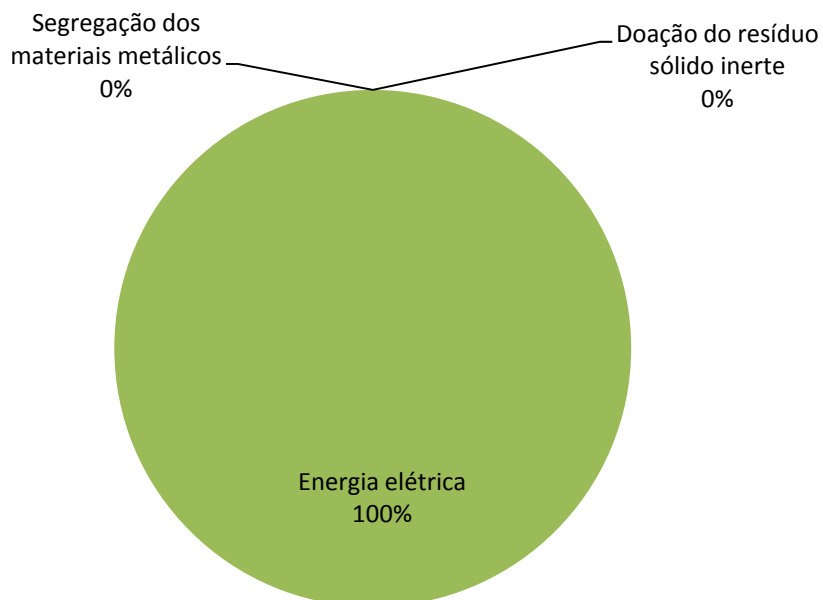
### 1.4.2. Gráficos comparativos da análise econômica do Estudo de Caso

#### Custo das modificações Estudo de Caso 2



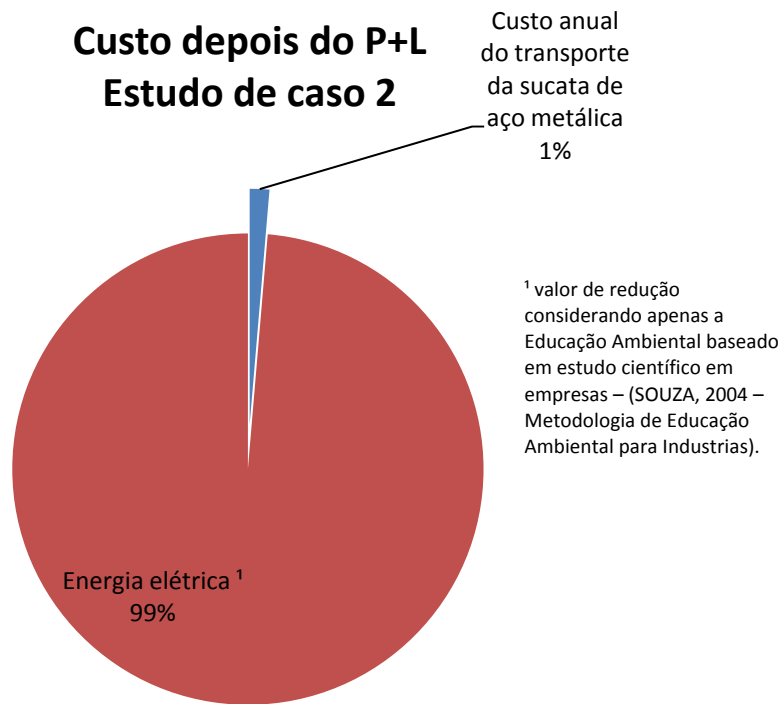
- Preço dos tambores de 200 litros (2 unid.)
- Preço dos baldes (reaproveitamento dos baldes de primer limpos, 3 unid.)
- Custo do treinamento dos funcionários (3h45min.)
- Custo do transporte da sucata (transporte próprio)
- Total por ano

#### Custo antes do P+L Estudo de caso 2





## Custo depois do P+L Estudo de caso 2

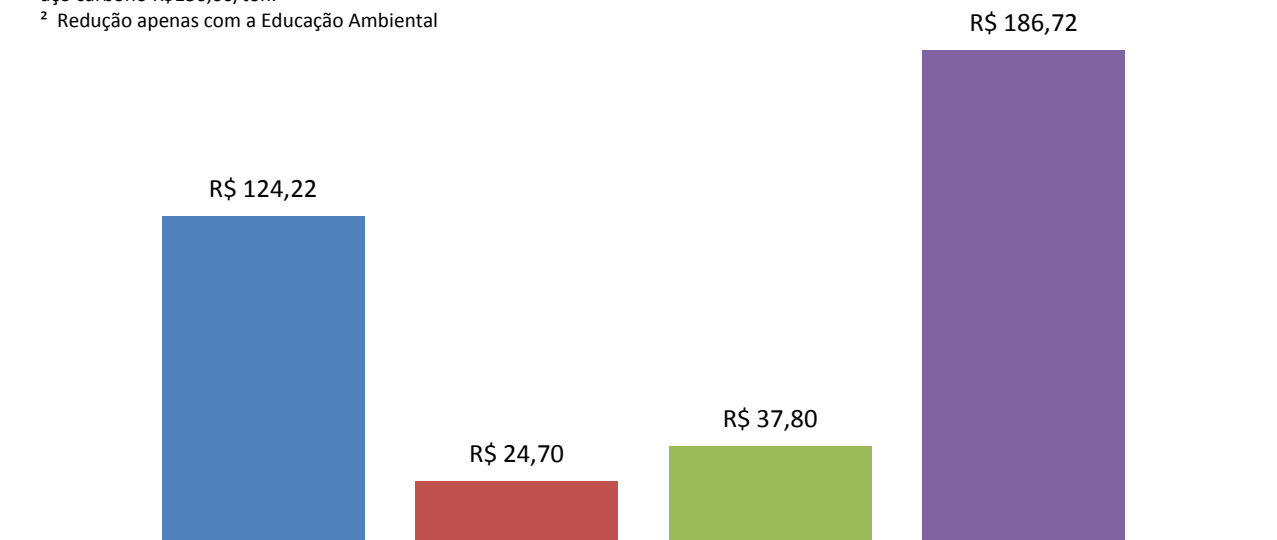


## Benefício Econômico - Est. Caso 2

- Venda de sucata de aço carbono bolsa de resíduos<sup>1</sup>
- Venda de sucata de aço inoxidável na bolsa de resíduos<sup>1</sup>
- Redução Energia elétrica<sup>2</sup>
- Total por ano

<sup>1</sup> Valor médio de venda no comércio da Região Metropolitana de Belo Horizonte, para aço inoxidável série 400, R\$500,00/ton e série 300, R\$2500,00/ton; aço carbono R\$150,00/ton.

<sup>2</sup> Redução apenas com a Educação Ambiental





## 1.5. Conclusões

### – Benefícios ambientais

A reciclagem da sucata trás vários benefícios ao meio ambiente como a redução da extração de matéria-prima (minério de ferro, carvão) e uma redução expressiva no consumo de energia elétrica devido ao uso do metal secundário, o que significa menos impactos ambientais em toda cadeia produtiva dos setores siderúrgico e fundição.

Na empresa haverá um ganho de conhecimento em termos de gestão de resíduos sólidos com a implantação da coleta seletiva, pois esta ação irá se refletir na rotina de trabalho do ECOTIME interna e externamente à Serralheria Montanha.

### – Benefícios econômicos

Com a segregação dos resíduos inertes há a possibilidade de um ganho financeiro com o valor de mercado coerente com a qualidade dos sub-produtos (resíduos) segregados. No mercado atual da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte) paga-se um valor médio de R\$500,00/ton para a sucata de aço inoxidável da série 400 e de R\$2500,00/ton para a série 300, e R\$150,00/ton para a sucata de aço carbono.

Atualmente, a empresa não tem nenhum retorno financeiro com a venda da sucata, pois não há coleta seletiva e o resíduo é doado.

Com a implantação da P+L, utilizando a ferramenta da coleta seletiva, a empresa, hoje, por exemplo, poderia estar recebendo pela sucata de aço R\$148,92/ano ao preço de mercado, sendo que este ganho representa aproximadamente 35% do valor médio da conta de energia de um mês.

### – Benefícios tecnológicos

O benefício tecnológico ocorrerá em escala macro, na cadeia produtiva do aço carbono e inoxidável devido à segregação adequada ocorrerá uma reciclagem com matérias-primas já triadas e com um mínimo de contaminação.

### – Benefícios de saúde ocupacional

Não há alteração nas atuais condições de operação no que diz respeito à saúde ocupacional.