

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NEUBER ANTÔNIO PEREIRA

**GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA FABRICAÇÃO DE  
CONDUTORES ELÉTRICOS: ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA NO MUNICÍPIO  
DE POÇOS DE CALDAS, MG**

CURITIBA

2018

NEUBER ANTÔNIO PEREIRA

GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA FABRICAÇÃO DE  
CONDUTORES ELÉTRICOS: ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA NO MUNICÍPIO  
DE POÇOS DE CALDAS, MG.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de MBA em Gestão Ambiental, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: M. Sc. Jean Carlos Padilha

Coorientadora: M. Sc. Tatiana C. Guimarães Kaminski

CURITIBA

2018

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho para minha esposa Luana dos Santos e a minha filha Alyce dos Santos Pereira, que sempre me apoiaram e me incentivaram nos meus estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde e por toda força e dedicação que tive durante o curso.

A empresa onde o estudo foi realizado, minha colega de trabalho Marina Moraes Scassiotti, que me auxiliou nas etapas de levantamento das informações para realização deste trabalho.

A minha família que sempre me ajudou, em especial minha esposa Luana Cristina dos Santos e minha filha Alyce dos Santos Pereira pelo apoio e paciência nos momentos em que não estive presente e por todo o incentivo durante a realização do curso.

“O que não é medido não pode ser melhorado.” Gerenciar, monitorar e atuar corretivamente; sem indicadores não há medição; sem medição não há controle; sem controle não pode haver direção.

Joseph M. Juran, 1904-2008

## RESUMO

O consumo de produtos acabados é necessário na atualidade para o desenvolvimento das atividades cotidianas da população. Nesse sentido é possível observar que as indústrias precisam intensificar suas capacidades produtivas para atender tal demanda. Como consequência dessa ação destaca-se que os impactos negativos ao ambiente tornam-se mais frequentes e intensos, surgindo então a necessidade de um sistema de gestão ambiental, que busca melhor aproveitamento de seus recursos e redução dos possíveis impactos ambientais. O presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma indústria de condutores elétricos, situada na cidade de Poços de Caldas, estado de Minas Gerais. O objetivo desse estudo foi abordar como são gerenciados os principais resíduos sólidos gerados nas etapas de fabricação de condutores elétricos de alumínio nu e os benefícios ambientais alcançados com o gerenciamento, a metodologia foi coleta de dados e visitas técnicas nos processos de produção da fábrica estudada onde também foi observado durante o processo a aplicação da hierarquia de priorização de ação para a: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada, conforme Lei nº 12.305 de agosto de 2010. Desta forma, foi possível identificar os benefícios ambientais do gerenciamento através da preservação de recursos e também os benefícios econômicos através da eliminação de perdas e retrabalhos.

Palavras-chave: ordem de priorização; não geração; benefícios.

## **ABSTRACT**

The consumption of finished products is nowadays necessary for the development of daily activities of the population, as to how the industries should intensify their best productivities to meet the demand, such as, The main report that is important and intensive, appearing then, to the one Environmental Management System, that must be possible on their resources and the rights of environmental resources. This work presents a field study in an electrical conductor industry in the city of Poços de Caldas, state of Minas Gerais. The main goal of this study was to approach how the main solid wastes generated by the process of manufacturing bare aluminum electrical conductors, and the economic and environmental benefits achieved by management. During the process the periodization hierarchy was observed: no-generation, reduction, reuse, recycling, waste treatment and final disposal according to Brazilian Federal Law 12.305/2010. This way, it was possible to identify the environmental benefits of the management through resource preservation and the economic benefits through loss reduction and re-work elimination.

**KEY WORDS:** prioritization order; no generation; benefits.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 – Prioridade para o gerenciamento de resíduos sólidos .....            | 14 |
| FIGURA 2 – Entradas e saídas do processo produtivo .....                        | 16 |
| FIGURA 3 – Inserção dos lingotes no forno e roda de fundição .....              | 18 |
| FIGURA 4 – Par de cilindros e formação do vergalhão de alumínio .....           | 18 |
| FIGURA 5 – Passagem do fio pela ferramenta (fieira) .....                       | 19 |
| FIGURA 6 – Desembobinamento do vergalhão e uso de óleo trefilal .....           | 19 |
| FIGURA 7 – Resultado do processo de trefilação – fios de Al .....               | 20 |
| FIGURA 8 – Carregamento das espulas e formação do condutor elétrico .....       | 20 |
| FIGURA 9 – Síntese do processo produtivo de condutores elétricos de Al nu ..... | 21 |
| FIGURA 10 – Mapeamento de geração de resíduos por processo .....                | 22 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |   |
|-------|---|
| ABAL  | Associação Brasileira de Alumínio           |
| ABNT  | Associação Brasileira de Normas Técnicas    |
| Al    | Alumínio                                    |
| GRS   | Gerenciamento de resíduos sólidos           |
| MP    | Matéria prima                               |
| OP    | Ordem de produção                           |
| PCP   | Planejamento e controle de produção         |
| SENAI | Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial |
| SESC  | Serviço Social e Comercial                  |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2 OBJETIVO .....</b>   | <b>12</b> |
| 2.1 Objetivo Geral .....  | 12        |
| 2.2 Objetivos Específicos .....   | 12        |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos (GRS) .....</b>                            | <b>13</b> |
| <b>3.2 Processo Produtivo .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>4.1 Caracterização da área de estudo .....</b>                                   | <b>17</b> |
| <b>4.2 Obtenção e Análise de dados .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>5.1 Laminação.....</b>   | <b>23</b> |
| 5.1.1 Borra de alumínio – resíduo classe IIA.....                                   | 22        |
| 5.1.2 Vergalhão de alumínio – resíduo classe IIA .....                              | 24        |
| <b>5.2 Trefilação .....</b>   | <b>25</b> |
| 5.2.1 Vergalhão de alumínio – resíduo classe IIA .....                              | 25        |
| 5.2.2 Fios de alumínio – resíduo classe IIA.....                                    | 25        |
| 5.2.3 Borra de óleo trefilal – resíduo classe I .....                               | 26        |
| <b>5.3 Encordoamento .....</b>  | <b>27</b> |
| 5.3.1 Fios de alumínio/tatu de alumínio – resíduo classe IIA .....                  | 28        |
| 5.3.2 Condutor elétrico de alumínio nu (produto acabado) – resíduo classe IIA ..... | 28        |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>   | <b>30</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>APÊNDICE A - Resumo do GRS no setor de laminação .....</b>                       | <b>33</b> |
| <b>APÊNDICE B - Resumo do GRS no setor de trefilação.....</b>                       | <b>34</b> |
| <b>APÊNDICE C - Resumo do GRS no setor de encordoamento.....</b>                    | <b>35</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Ribeiro (2014), o problema da escassez dos recursos naturais tem sido cada vez mais enfatizado pela sociedade. Recursos naturais como a madeira, alumínio, minério de ferro e muitos outros são utilizados pela indústria intensivamente. É preciso, portanto, iniciar ações para o seu uso racional, a fim de garantir a necessidade das gerações futuras. Em geral, o consumismo em si não é problema, pois o consumo é necessário para a sobrevivência.

O problema acontece quando o consumo é exagerado, ou seja, quando vai além das necessidades, pois dessa forma aumenta-se também a exploração de recursos naturais que nem sempre são renováveis, além da geração de resíduos. Para atender a crescente demanda, as indústrias intensificam suas capacidades produtivas conseqüentemente também a geração de seus resíduos, surgindo então a necessidade do gerenciamento de resíduos, que busca um melhor aproveitamento de seus recursos e redução dos possíveis impactos socioambientais.

O gerenciamento de resíduos é responsabilidade do gerador e, quando se trata de resíduos sólidos industriais, a responsabilidade é da indústria geradora que por sua vez, deve fazê-lo de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Lei nº 12.305/2010, obedecendo a ordem de priorização de geração. Segundo Camera *et al.* (2010), os problemas ambientais no setor industrial têm se tornado mais evidentes nos últimos anos, tornando-se fator de competição no comércio internacional e nacional, onde a empresa que não adota práticas de desenvolvimento sustentável em relação a seus produtos e processos produtivos fica em desvantagem.

O presente trabalho apresenta um estudo de caso em uma indústria de condutores elétricos, situada na cidade de Poços de Caldas, estado de Minas Gerais. O estudo foi realizado no gerenciamento de resíduos sólidos (GRS) no processo produtivo de condutores elétricos de alumínio nu, que são cabos compostos de material de alumínio, usados, em sua maioria, para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica. Esse processo de transformação foi escolhido por ser a linha de produtos de maior volume de produção na empresa e, conseqüentemente, o maior gerador de resíduos, que são a sucata de alumínio nu e a borra de óleo trefilal.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Demonstrar como são gerenciados os principais resíduos sólidos gerados no processo produtivo de fabricação de condutores elétricos de alumínio nu e a importância de gerenciamento dos resíduos .

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Apontar os conceitos relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos gerados no processo produtivo de fabricação de condutores elétricos de alumínio nu;
- Abordar como são gerenciados os principais resíduos sólidos gerados no processo produtivo de fabricação de condutores elétricos de alumínio nu;
- Expor os benefícios ambientais através do gerenciamento dos resíduos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com a Lei nº 12.305, de 12 de agosto de 2010, resíduos sólidos pode ser definido como

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente.

De acordo com Schalch et al. ABNT (2002), os resíduos sólidos industriais são aqueles gerados nos diversos tipos de indústria e seus processos produtivos e devido a periculosidade apresentada em alguns resíduos foram definidas as seguintes classificações: classe I (perigosos), classe IIA (não perigosos e não inertes) e classe IIB (não perigosos e inertes).

Os resíduos considerados classe I são assim classificados por apresentarem características de riscos à saúde pública, aumento de mortalidade e impactos significativos para o ambiente quando manuseados e dispostos em locais inadequados, os resíduos classe I podem ser corrosivos, inflamáveis, tóxicos, patogênicos ou reativos.

Os resíduos classe IIA são biodegradáveis ou combustíveis, ou seja, sofrem alterações com o passar dos anos. Os resíduos classe IIB não são biodegradáveis e nem combustíveis, eles tendem a permanecer no mesmo estado físico até que uma força seja aplicada sobre eles.

#### 3.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos (GRS)

De acordo com a Lei Federal nº 12.305, de 12 de agosto de 2010, o gerenciamento de resíduos sólidos pode ser compreendido como ações direta ou indiretamente que devem ser adotadas nas etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação/disposição final ambientalmente adequada aos resíduos sólidos/rejeitos. A priorização para o gerenciamento dos resíduos sólidos está baseada no artigo 7º da Lei nº 12.305/2010, o qual menciona que na gestão e no gerenciamento de resíduos deve-se observar a ordem de prioridade, mais conhecida como priorização de ações para o gerenciamento dos resíduos sólidos, sendo: a não

geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamentos dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Figura 1).

**Figura 1 - Prioridade para o gerenciamento de resíduos sólidos.**



Fonte: Jardim, Yoshida e Machado Filho (2012)

Segundo Jardim, Yoshida e Machado Filho (2012), as ações de prioridade para não geração, redução e reaproveitamento visam predominantemente a preservação e a qualidade tanto da saúde pública quanto do ambiente, conscientização do uso racional dos recursos naturais e também a consciência de que os resíduos não são lixos e sim um subproduto que tem potencial de comercialização, valorizando assim o resíduo, que passa a ser utilizado como matéria-prima novamente no mesmo processo ou em outro setor/empresa.

Dentre as ações possíveis no gerenciamento de resíduos, pode-se destacar, conforme Mazzini (2006), que a reutilização é o aproveitamento de um resíduo sem que este tenha passado por transformações que alterem suas características físico-químicas. Por outro lado, a reciclagem é a transformação de materiais que já foram utilizados e seriam descartados como lixo. Após a transformação, esses materiais viram matéria-prima para novos ou para o mesmo processo, reduzindo assim o consumo da matéria-prima virgem, ou seja, a reciclagem pode contribuir com a

conservação de recursos naturais (MAZZINI, 2006). Uma das formas possíveis de tratamento de resíduos segundo Costa e Cavalcanti (2009) é o co-processamento

é um tratamento térmico, que consiste em reaproveitar os resíduos no processo de fabricação de cimento. Os resíduos são utilizados como substitutos parciais de combustíveis ou matéria-prima reduzindo o consumo de energia, já que os resíduos destinados para este fim possuem um alto poder calorífico. O processo deve ser feito de forma controlada ambientalmente. (COSTA;CAVALCANTI, 2009, p. 35).

A última ação possível no processo de gerenciamento de resíduos sólidos está relacionada à destinação e disposição final ambientalmente adequada. Ainda, de acordo com a Lei nº 12.305/2010, entende-se por destinação final ambientalmente adequada, a destinação de resíduos passíveis de recuperação, quais sejam: a reciclagem, compostagem, aproveitamento energético (tratamento dos resíduos sólidos) e reutilização. Em contrapartida, a disposição final ambientalmente adequada é a disposição dos resíduos sólidos que não possuem uma recuperação e acabam sendo chamados de rejeitos e são enviados para aterros (sanitários ou industriais), desde que estes espaços estejam devidamente licenciados por parte dos órgãos de controle ambientais para receberem estes materiais.

### **3.2 Processo Produtivo**

Para entender as fases de geração de resíduos dentro de uma indústria é necessário que se tenha claro o que é um processo produtivo. De acordo com Paulino *apud* Harrington (2003, p. 22) o “processo é qualquer atividade que recebe uma entrada (*input*), agrega-lhe valor e gera uma saída (*output*) para um cliente interno ou externo, fazendo uso dos recursos da organização para gerar resultados concretos”. (Figura 2).

**Figura 2 - Entradas e saídas do processo produtivo**

Fonte: Licenciamento Ambiental em Mato Grosso do Sul (2009).

A entrada/*input* é o primeiro item do processo de transformação, geralmente sendo uma matéria-prima ou um produto acabado que sofrerá novas transformações. De acordo com Leão *apud* Chiavenato (2014), o sistema recebe entradas (*inputs*) ou insumos para poder operar. A entrada de um sistema é tudo o que o sistema importa ou recebe de seu mundo exterior.

Ainda conforme Leão (2014), o processo transformação é a etapa onde as entradas serão transformadas. Neste instante, as entradas/insumos terão sua matéria alterada e se transformarão em novo bem/produto. Por fim, a saída/*output* relaciona-se ao processo de transformação depois de concluído, no qual se obtém o produto final, poluentes e resíduos.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

Os dados apresentados a seguir foram obtidos em indústria de produção de condutores elétricos, no município Poços de Caldas, entre os dias 28 de maio a 28 de junho do ano de 2018, a partir de visitas técnicas que foram realizadas com a intenção de se conhecer como é o processo produtivo de fabricação de cabos de alumínio nu com foco no gerenciamento de resíduos sólidos.

### **4.1 Caracterização da área de estudo**

Para um melhor entendimento sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, é necessário compreender as entradas, transformações e saídas de cada etapa do processo produtivo de condutores elétricos de alumínio nu, sendo que este envolve três etapas até chegar ao produto final, o estudo foi realizado nos processos de laminação, trefilação e encordoamento. .

### **4.2 Obtenção e Análise de Dados**

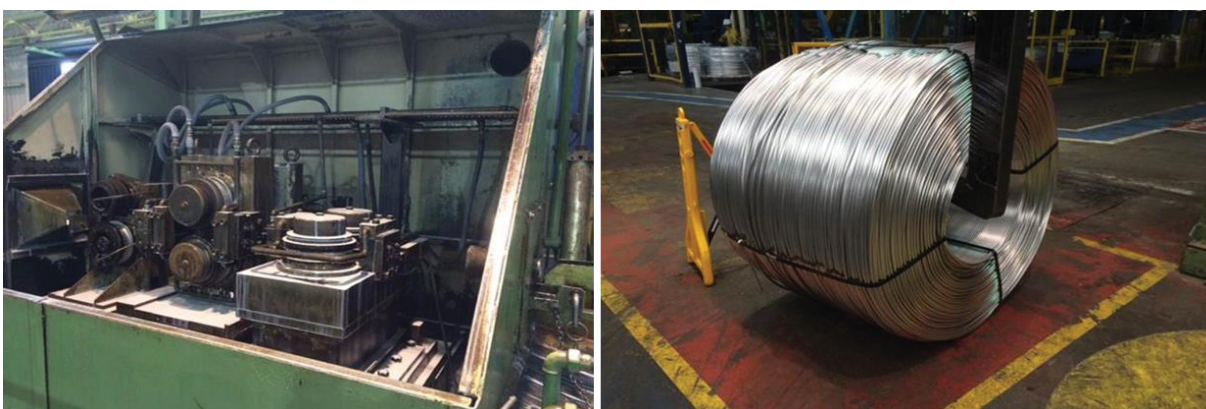
No processo de laminação, a entrada/*input* se dá através dos lingotes de alumínio, que são inseridos em um forno de fusão pré-aquecido, (Figura 3). Com a alta temperatura, os lingotes são derretidos deixando seu estado sólido e transformando-se em alumínio líquido. Para que o alumínio se mantenha líquido, o conteúdo do forno de fusão é transferido para dois fornos de espera. Na etapa de Laminação os principais resíduos gerados são: borra, barra e vergalhão de Al. Nas Figuras 3 e 4, pode-se observar o início do processo com a inserção dos lingotes no forno e a formação do vergalhão de alumínio.

**Figura 3 - Inserção dos lingotes no forno e roda de fundição**



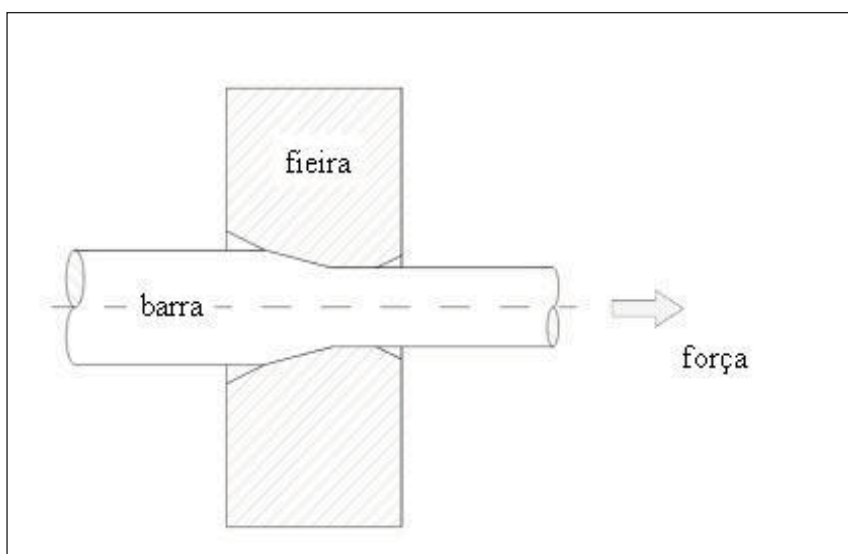
Fonte: Elaborado pelo autor - Poços de Caldas (2018).

**Figura 4 - Par de cilindros e formação do Vergalhão de alumínio**

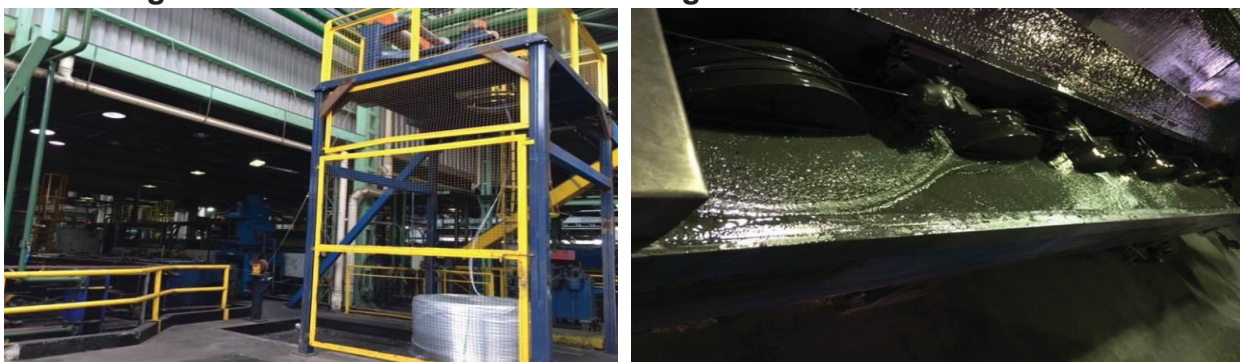


Fonte: Elaborado pelo autor - Poços de Caldas (2018)

A segunda fase do processo de transformação do alumínio está relacionada à trefilação, que tem como entrada o vergalhão de alumínio produzido na etapa anterior (laminação). Neste processo, o vergalhão passa por fieiras que são ferramentas utilizadas para reduzir a seção do vergalhão para o diâmetro de fio requerido pelo condutor elétrico a ser produzido. A Figura 5 apresenta a passagem do fio pela ferramenta (fieira), reduzindo assim seu diâmetro, na sequência a Figura 6 apresenta o início do processo com o desembobinamento do vergalhão.

**Figura 5 - Passagem do fio pela ferramenta (fieira)**

Fonte: Honório (2015) apud Corrêa (2004).

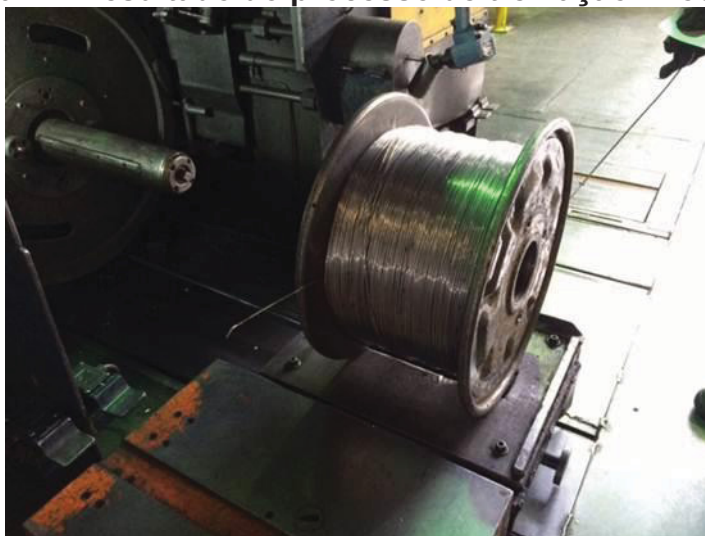
**Figura 6 - Desembobinamento do vergalhão e uso de óleo trefilal**

Fonte: Elaborado pelo autor - Poços de Caldas (2018).

No processo de transformação de vergalhão para fio de Al é utilizado o óleo trefilal apresentado na Figura 6, cuja função é a redução do atrito entre o fio e a fieira, que acontece através da lubrificação e a refrigeração do processo. Para que a produção não seja interrompida, a trefila conta com dois bobinadores, contendo uma espula em cada bobinador e no momento que a espula enche o com fio de alumínio ocorre a transferência automática do produto para a espula vazia.

Este processo é apresentado na Figura 7 e tem como produto final os fios de alumínio que são armazenados em espulas de ferro. Na etapa de trefilação os principais resíduos gerados são: vergalhão, fio de Al e borra de óleo trefilal.

**Figura 7 – Resultado do processo de trefilação: Fios de Al**



Fonte: Elaborado pelo autor – Poços de Caldas (2018).

A última fase do processo de transformação do alumínio refere-se ao encordoamento sendo que nessa etapa a entrada são os fios produzidos nas trefilas, ou seja, o encordoamento é cliente do processo anterior, a trefilação. As espulas são carregadas em 3 (três) coroas, conforme mostrado na Figura 8 em laranja.

**Figura 8 - Carregamento das espulas e formação do condutor elétrico**



Fonte: Elaborado pelo autor - Poços de Caldas (2018).

Após o carregamento das espulas nas coroas, o cabo é formado pela reunião dos fios. O produto final desta etapa é o condutor elétrico de alumínio nu, mostrado na Figura 8, que é armazenado temporariamente na empresa para em seguida ser enviado para os clientes finais, que são as concessionárias de energia. Na etapa de encordoamento os principais resíduos gerados são: fio de Al (tatu) e o próprio

produto acabado condutor elétrico de Al nu. A figura 9 apresenta uma síntese de todo o processo produtivo.

**Figura 9 - Síntese do processo produtivo de condutores elétricos de Al nu**

| <b>SÍNTESE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CONDUTORES ELÉTRICOS DE ALUMÍNIO NU</b> |                 |                      |                                  |  |
|---|-----------------|----------------------|----------------------------------|--|
| <b>ETAPA</b>  | <b>ENTRADA</b>  | <b>TRANSFORMAÇÃO</b> | <b>SAÍDA</b>                     |  |
|   |                 |                      | <b>PRODUTO ACABADO</b>           | <b>RESÍDUOS</b>                                |
| Laminação   | Lingotes de Al  | Lingote -> Vergalhão | Vergalhão de Al                  | Borra, barra e vergalhão de Al                 |
| Trefilação  | Vergalhão de Al | Vergalhão -> Fios    | Fios de Al                       | Vergalhão, fios de Al e borra de óleo trefilal |
| Encordoamento   | Fios de Al      | Fios -> Condutor     | Condutor elétrico de alumínio nu | Condutor elétrico e tatu de Al                 |

Fonte: Elaborado pelo autor - Poços de Caldas (2018).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme citado na fundamentação teórica, o gerenciamento de resíduo sólido baseado no artigo 7º da Lei 12.305/2010 deve seguir uma ordem de priorização de ações para começar pela não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final.

Na empresa onde o estudo de caso foi realizado, observou-se que ao longo do processo o gerenciamento segue esta ordem de priorização, cuja execução do gerenciamento segue algumas ações adotadas. Notou-se que a empresa possui controles, monitoramentos e procedimentos já intrínsecos no processo de produção que possuem potencial gerador de sucata. Este trabalho já é realizado para prevenir a geração e, mesmo quando a geração se faz presente, a empresa se empenha na redução, reutilização, reciclagem, destinação e disposição final.

Dessa forma, é possível identificar que em cada processo os resíduos possuem características, parâmetros, classificações e especificações distintas um dos outros, as ações para executar o gerenciamento são feitas separadamente de acordo com a etapa do processo, seus resíduos e os motivos geradores. A Figura 10 apresenta os resíduos mapeados por processo no período de estudo de 28 de maio a 28 de junho de 2018.

**Figura 10 – Mapeamento de Geração de resíduos por processo**

| GERAÇÃO DE RESÍDUOS NAS ETAPAS DO PROCESSO |                                  |                        |                               |                       |                            |
|--|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| ETAPA                                      | QUANTIDADE PRODUZIDA (toneladas) | RESÍDUOS               | QUANTIDADE GERADA (Toneladas) | % DE RESÍDUOS GERADOS | DESTINO DO RESÍDUO         |
| Laminação                                  | 3150                             | Borra de Al            | 69                            | 2%                    | venda/reciclagem           |
|  |                                  | Barra de Al            | 30,5                          | 1%                    | reciclagem interna/refusão |
|  |                                  | Vergalhão de Al        | 52                            | 2%                    | reciclagem interna/refusão |
| Trefilação                                 | 2880                             | Vergalhão de Al        | 85                            | 3%                    | reciclagem interna/refusão |
|  |                                  | Fios de Al             | 15                            | 1%                    | reciclagem interna/refusão |
|  |                                  | Borra de óleo trefilal | 6                             | 0,2%                  | Co-processamento           |
| Encordoamento                              | 2760                             | Condutor elétrico      | 23                            | 1%                    | reciclagem interna/refusão |
|  |                                  | Tatu de Al             | 60                            | 2%                    | reciclagem interna/refusão |

Fonte: Elaborado pelo autor - Poços de Caldas (2018).

## 5.1 Laminação

No processo de laminação os dois principais resíduos gerados são a borra de alumínio (resíduo classe IIA) e o vergalhão de alumínio (resíduo classe IIA), e são apresentados conforme a seguir. O resumo do gerenciamento de resíduos sólidos nessa etapa de laminação encontra-se no apêndice A.

### 5.1.1 Borra de alumínio – resíduo classe IIA

A borra de alumínio se faz presente entre os resíduos gerados no processo porque antes da partida da máquina a limpeza do forno deve ser realizada para retirada das impurezas a fim de não contaminar o metal novo a ser inserido. Essa limpeza é realizada com a utilização de um produto que permite separar o alumínio das impurezas, o produto é conhecido como sal fundente e as impurezas como borra de alumínio. O gerenciamento deste resíduo é feito através das seguintes ações:

- **Não geração:** a geração da borra é inevitável, visto que o forno precisa da limpeza antes da partida da máquina para retirada das impurezas, portanto a empresa trabalha para reduzir a geração deste item.
- **Redução:** para a redução da borra de alumínio, o sal inserido no processo sofre dosagens: se é inserido em quantidade maior, não é possível a separação somente das impurezas, pois carrega consigo também materiais nobres como o alumínio, o que provoca uma geração maior de borra. Para redução da borra é importante também que os vergalhões saiam na qualidade esperada, ou seja, é importante fazer certo da primeira vez, pois caso contrário, novos vergalhões deverão ser produzidos.
- **Reutilização:** a reutilização da borra de alumínio não é possível, pois este material necessita de novas transformações físico-químicas.
- **Reciclagem:** Internamente, a empresa não trabalha com este resíduo, porém o material é vendido para empresas de reciclagem que conseguem usufruir deste material novamente extraíndo o material nobre que a borra contém através de novos processos de fusão.

### 5.1.2 Vergalhão de alumínio – resíduo classe IIA

No final do processo são realizados testes laboratoriais para comprovação da qualidade do material, incluindo, carga de ruptura e condutividade, caso o resultado esteja fora do especificado o vergalhão se torna resíduo. Outro motivo pela geração são as falhas mecânicas e elétricas, que provocam desarmes nos bobinadores prejudicando o embobinamento do vergalhão.

As ações mais relevantes para o gerenciamento deste item nesta etapa do processo são:

- **Não geração:** todas as medidas citadas no item 5.1.1 são direcionadas também para o vergalhão, pois uma vez que é controlada a qualidade na barra, automaticamente estará trabalhando para a qualidade do vergalhão.
- **Redução:** o objetivo do acionamento da tesoura é evitar que o processo se estenda de maneira não conforme, ou seja, uma vez que as barras são cortadas, é reduzida a geração do vergalhão não conforme. Os envolvidos no processo aplicam as ferramentas de qualidade para identificação da causa raiz e decisão das ações preventivas e corretivas, sendo elas: diagrama de causa e efeito, gráfico de pareto e o gráfico de controle.
- **Reutilização:** uma vez que o vergalhão está não conforme ou mal embobinado, a empresa não consegue reutilizar.
- **Reciclagem:** o vergalhão é inserido no forno para ser derretido e iniciar o processo novamente.

### 5.2 Trefilação

O processo de trefilação envolve a geração de resíduos de vergalhão de alumínio (resíduo classe IIA), fios de alumínio (resíduo classe IIA), e por fim, a borra de óleo trefilal (resíduo classe I). O resumo do GRS na etapa de trefilação se encontra no Apêndice B.

### 5.2.1 Vergalhão de alumínio – resíduo classe IIA

No início do processo, o vergalhão deve ser desenrolado para sua transformação. Neste momento, gera-se o risco de embarçamento, danificando suas propriedades. Quando este evento ocorre gera-se o resíduo de vergalhão.

As principais medidas adotadas para o gerenciamento são:

- **Não geração:** para que o vergalhão não embarace no momento de desembobinar o mesmo deve ser envolvido com plástico filme e a operação deve baixar a velocidade da máquina no momento de transferência de um vergalhão para outro.
- **Redução:** mesmo aplicando as medidas acima o vergalhão embarçar, os envolvidos no processo devem fazer análise de causa raiz para tomada de decisão.
- **Reutilização:** não é viável a reutilização do vergalhão após seu embarçamento, pois a máquina deve rodar em velocidade baixa para evitar novos problemas e também porque gera o risco de segurança caso enrosque.
- **Reciclagem:** o vergalhão é apontado como sucata e é devolvido para a fase de laminação, onde será refundido voltando para o estado líquido.

### 5.2.2 Fios de alumínio – resíduo classe IIA

O principal problema que gera o resíduo de fio de alumínio são as falhas no processo e os mais comuns estão relacionados a: temperatura e vazão do óleo trefilal. Se estas variáveis não estão em conformidade às chances de gerar escamas e riscos no fio são grandes, pois não há lubrificação de maneira correta, estes defeitos podem ser detectados a olho nu ao longo do processo.

Além disso, no final do processo, os fios são submetidos a testes laboratoriais para avaliação dos requisitos de qualidade que um condutor elétrico precisa atender, sendo eles carga de ruptura, ductibilidade (grau de deformação do material até sua fratura), condutividade, alongamento entre outros. Os fios são aprovados se esses requisitos estiverem dentro dos parâmetros, caso contrário se tornam resíduos. A geração acontece também quando ocorrem falhas mecânicas e elétricas na máquina.

- **Não geração:** a não geração de sucata de fio na trefilação é difícil visto que na partida da máquina a geração é inevitável, entretanto, a empresa trabalha para que a geração seja dentro das metas estipuladas mensalmente. Para tanto, são feitos monitoramentos e aplicados controles em suas fontes geradoras, que conforme dito anteriormente, podem ser a temperatura e a vazão do óleo, portanto para garantir a conformidade destes itens, é realizada a inspeção na partida da máquina nos inícios dos turnos através do documento *check list*. Além disso, os operadores realizam o auto controle no produto, acompanhando e medindo todo o processo, incluindo inspeção visual, ductibilidade e diâmetro do fio (teste realizado em amostras coletadas ao longo do processo).
- **Redução:** neste momento, já houve a geração do resíduo e a empresa trabalha para identificar as causas geradoras (causa raiz) através das ferramentas da qualidade sendo as mais utilizadas: gráfico de pareto, gráfico de controle, diagrama de causa e efeito.
- **Reutilização:** os fios se tornam resíduos sem alternativas para reutilização no processo, principalmente se o material estiver riscado e com escamas.
- **Reciclagem:** toda a sucata de alumínio gerada nesta fase volta para a laminação para refusão.

### 5.2.3 Borra de óleo trefilal – resíduo classe I

Com o tempo, o óleo trefilal acumula em sua composição o pó de alumínio. Com o acúmulo, o óleo fica espesso e se transforma em uma borra de óleo. Neste caso o óleo deve ser filtrado ou trocado. Quando a troca acontece origina-se o resíduo de borra de óleo trefilal, além disso, também se origina o resíduo em questão em casos de vazamentos no equipamento.

- **Não geração:** a geração deste resíduo é baixa, porém seu impacto ambiental é significativo quando em contato com a água e com solo, portando preocupa-se mais com o manuseio deste material do que com a quantidade, porém para a não geração a empresa opta sempre pela filtragem do mesmo, prolongando a vida útil do óleo retirando as impurezas (pó de alumínio) e para evitar a geração por vazamentos à empresa possui procedimentos para o

manuseio do óleo e programação de manutenções preventivas nas máquinas.

- **Redução:** em casos de vazamento o equipamento passar por manutenção corretiva e a empresa possui o plano de ação de emergência, onde a brigada de emergência é acionada para limpeza do local. A limpeza é realizada geralmente com pó de serra, pois o material consegue absorver todo o óleo do solo. Em seguida o resíduo é armazenado para posterior destinação. É acionada também a manutenção para correção do problema/vazamento.
- **Reutilização:** o próprio sistema de filtragem e de recirculação serve como reutilização.
- **Reciclagem:** o resíduo em questão não apresenta nenhuma oportunidade de reciclagem.
- **Destinação final ou tratamento do resíduo:** após a geração da borra de óleo trefilal, a empresa o armazena em local adequado, identificado e restrito. Em seguida é destinado para o co-processamento, um tipo de tratamento térmico, que permite a utilização do poder calorífico do material em fornos de cimenteiras.

### 5.3 Encordoamento

O processo de encordoamento envolve a geração de resíduos de fios de alumínio/tatu de alumínio (resíduo classe IIA) e o condutor elétrico de alumínio nu - produto acabado (resíduo classe IIA). O resumo do gerenciamento de resíduo sólido na etapa de encordoamento se encontra no Apêndice C.

#### 5.3.1 Fios de alumínio/tatu de alumínio – resíduo classe IIA

Cada espula deve entrar no processo de encordoamento com a metragem exata para composição do cabo. Quando essa metragem está acima do requerido gera-se sobras de fios nas espulas. Estes fios são encaminhados para uma linha de repasse onde serão soldados com outros fios gerando-se rolos, mais conhecido na empresa como “tatu de alumínio”.

Ocorre também geração de sucata de fios nesta etapa quando há problemas que não foram detectados na fase de trefilação, por exemplo, escamas que acarretam quebras/estiramento durante o processo, ou por falhas mecânicas e

elétricas na máquina que danificam o material, assim a empresa adota as seguintes medidas:

- **Não geração:** as espulas entram no processo com a metragem errada por falhas na programação e erro na interpretação nas ordens de produção. Para evitar este tipo de falha é realizado um controle na etapa de trefilação com relação ao cálculo correto da metragem a ser produzida, para tanto é utilizada a planilha de cálculo automático, cujo objetivo é que a espula entre no processo de encordoamento com a quantidade exata para formação do condutor, sem faltar e nem sobrar. A geração de sucata por não conformidade nos fios de Al é corrigida e eliminada somente depois da geração, pois se fosse possível detectar antes da geração o material já seria considerado sucata na fase de trefilação, portanto não se aplica medida para não conformidade de matéria prima (fios de Al).
- **Redução:** para reduzir a geração dos fios por falha na metragem, o PCP analisa a possibilidade de realocar as espulas que estão fora da metragem para a produção de outro condutor elétrico, impedindo inclusive a geração de sucata do condutor elétrico já acabado. Para reduzir as não conformidades na MP, a área de processo aplica as ferramentas de qualidade para detecção da origem do problema/defeito e conseqüentemente adota as medidas de correção e prevenção para o problema encontrado.
- **Reutilização:** se o setor de planejamento e controle de produção (PCP) consegue direcionar as espulas para outro produto os fios são reutilizados/reaproveitados no processo. Com relação aos fios não conforme não é possível a reutilização dos mesmos.
- **Reciclagem:** se depois de todas as alternativas a área continuar com a sucata de Al, a mesma volta para o forno de fusão – processo de laminação para se transformar em alumínio líquido novamente.

### 5.3.2 Condutor elétrico de alumínio nu (produto acabado) – resíduo classe IIA

Gera-se resíduo do produto acabado quando a metragem das espulas inseridas no processo está abaixo do requerido provocando o lance irregular, ou seja, a metragem do cabo está abaixo do negociado com o cliente externo, ou quando o condutor está fora das especificações, apresentando quebras (escamas),

má formação, provocado por falhas mecânicas e baixa condutividade.

- **Não geração:** para não gerar sucata do produto acabado as medidas que devem ser adotadas são as mesmas para não geração dos fios de alumínio, pois evitando a geração do fio de Al, automaticamente evita-se a geração do condutor elétrico.
- **Redução:** mesmas definições para redução dos fios de Al.
- **Reutilização:** realocar o condutor já produzido para outro cliente se a especificação for a mesma e se o único problema for o lance irregular.
- **Reciclagem:** se depois de todas as alternativas a área continuar com a sucata de produto acabado, o mesmo é refundido em alumínio líquido novamente.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado no estudo realizado na empresa em questão foi possível concluir que o gerenciamento de resíduos sólidos acontece em todas as etapas do processo seguindo a priorização de ações para a não geração de resíduos de acordo com o artigo 7º da Lei nº 12.305/2010, porém notaram-se também algumas oportunidades no gerenciamento, como por exemplo:

Maior engajamento de alguns membros da equipe nas tomadas de decisões para reduzir a geração quando esta ultrapassa a normalidade do processo.

Visto que as principais e a maioria das ações para a não geração já são intrínsecas ao processo, falta um maior acompanhamento da equipe nas máquinas e em todo o processo para levantamento de novas oportunidades de melhoria a fim de reduzir ainda mais a geração dos resíduos.

Ao realizar o gerenciamento baseado na PNRS é possível identificar vários benefícios tanto ambientais quanto econômicos e a conservação de recursos naturais. Porém existe uma maior preocupação com a não geração do ponto de vista econômico, visando a eliminação de perdas, desperdícios e retrabalhos. Do ponto de vista ambiental a empresa ainda não reconhece na totalidade a magnitude que representa a conservação dos recursos naturais, visando o cumprimento de requisitos legais para garantir a conformidade e não sofrer penalidades.

O desafio agora é demonstrar a importância de gerenciar os resíduos em todas as etapas do processo do ponto de vista ambiental, além do cumprimento legal, e buscar uma forma de motivá-los a melhorar os controles já existentes e buscar novas oportunidades de melhoria no processo.

## REFERÊNCIAS

CAMERA, R. L. **Proposta de plano de gerenciamento de resíduos sólidos para uma empresa metalúrgica, com base na produção mais limpa.** Passo Fundo, 2010.

CAVALCANTE, C. ; ALMEIDA, Adiel. **Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando PROMETHEE II em situações de incertezas.** Recife, 2005.

GHENO, R. **Sistema de Gestão Ambiental e Benefícios para a Organização: Estudo de caso em empresa metalúrgica do RS.** Passo Fundo, 2006.

MACIEL, C.B. **Avaliação da Geração do Resíduo Sólido Areia de Fundação Visando sua Minimização na Empresa Metalcorte Metalúrgica – Fundação.** Rio Grande do Sul, 2005.

HONÓRIO, F. **Investigação dos efeitos das anti-ligas si, mg e fe nas propriedades mecânicas e elétricas da liga de alumínio 6201 com relação ao processo de trefilação a frio.** Poços de Caldas, 2015.

JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo; FILHO, José. **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** 1. ed. Barueri: Manole, 2012.

LEÃO, Wandick. **O processo de transformação: Input e Output (Entrada e Saída).** Guarulhos, 2014.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM MATO GROSSO DO SUL. **Relação entre processo produtivo, Gestão e Auditoria Ambiental.** Mato Grosso do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.licenciamentoambiental.eng.br/relacao-entre-processo-produtivo-gestao-e-auditoria-ambiental/>. Acesso em: 13 de Junho de 2018.

Lei 12.305 de 02 de Agosto de 2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos.  
SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. **Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde. Caderno de Saúde Pública**, v. 21, n. 6, p. 1893-1900, 2005.

MAZZINI, Ana. **Dicionário Educativo de Termos Ambientais.** 3.ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2006.

PAULINO, Marcelo. **Gerenciamento por processo em um banco de desenvolvimento.** São Paulo, 2003.

SCHALCH, Valdir *et al.* **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** São Carlos, 2002.

SPRITZER, Leonardo. **Diferenças entre Gestão e Gerenciamento de Resíduos e seu breve histórico.** Porto Alegre, 2014

QUEIROZ, Tais. **Consumo, Consumismo e seus impactos no Meio Ambiente.**  
Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/consumo/consumo-e-meio-ambiente/>.  
Acesso em: 20 de Junho de 2018.

## APÊNDICE A – Resumo do GRS no setor de Laminação

| RESUMO DO GRS GERADOS NO PROCESSO PRODUTIVO DE LAMINAÇÃO |                 |   |  |   |   |   |   |                  |    |
|--|-----------------|---|--|---|---|---|---|------------------|----|
| ETAPA  | RESÍDUO         | MOTIVO/POTENCIA L GERADOR   | IMPACTO  | NÃO GERAR   | REDUZIR A GERAÇÃO   | REUTILIZAÇÃO  | RECICLAGEM                                    | DESTINAÇÃO FINAL |    |
| <b>Laminação</b>   | Borra de Al     | Limpeza do forno nas partidas da máquina para retirada das impurezas  | Se a limpeza não for realizada as impurezas contaminam o novo metal que será inserido no forno | A não geração é inevitável, visto que a limpeza é essencial   | Dosar o sal utilizado para realizar a limpeza   | A reutilização deste resíduo não é possível, pois este precisa sofrer novas transformações    | Venda do material para empresas de reciclagem | **               |    |
|  | Barra de Al     | Temperatura baixa do metal no início do processo  |  | Medição de temperatura do metal ainda em seu estado líquido   | Direcionamento da operação para correção das variáveis que estiverem fora da especificação e interrupção no acionamento da tesoura impedindo a produção não conforme de vergalhão | A reutilização deste resíduo não é possível, pois este precisa sofrer novas transformações    |   |                  |    |
|  |                 | Alta temperatura da água utilizada no processo de resfriamento da barra na etapa de solidificação   |  | Monitoramento constante na temperatura da água  |   |   |   |                  |    |
|  |                 | Quantidade baixa de água utilizada no processo de resfriamento da barra na etapa de solidificação, devido ao entupimento do bico de saída de água | Variáveis do processo fora de especificação, geração de trincas na barra                       | Check list no bico de saída de água no início do processo   |   |   |   |                  |    |
|  | Barra de Al     | Nível baixo de metal na calha da roda de fundição   |  | Acopanhamento e controle no basculamento do metal do forno de espera para a calha                               | Acionamento da tesoura para interrupção do processo e aplicação das ferramentas de qualidade (diagrama de causa e efeito, gráfico de Pareto e gráfico de controle                 | Uma vez que o vergalhão está não conforme ou mal embobinado a empresa não consegue reutilizar | Inserção do vergalhão no forno de fusão       |                  |    |
|  |                 | Reprova nos teste de qualidade  | Parâmetros do vergalhão fora do especificado - material não conforme                           | Todas as medidas aplicadas para o gerenciamento da barra contribuem diretamente para a não geração do vergalhão |   |   |   |                  |    |
|  | Vergalhão de Al | Falha nos bobinadores causada por falhas mecânicas e elétricas  | Embobinamento do vergalhão fora do especificado  | Manutenções preventivas   |   |   |   |                  | ** |

## APÊNDICE B – Resumo do GRS no setor de Trefilação

| RESUMO DO GRS GERADOS NO PROCESSO PRODUTIVO DE TREFILAÇÃO |  |  |  |  |  |  |   |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|
| ETAPA   | RESÍDUO  | MOTIVO/POTENCIAL GERADOR   | IMPACTO  | NÃO GERAR  | REDUZIR A GERAÇÃO  | REUTILIZAÇÃO   | RECICLAGEM  | DESTINAÇÃO FINAL   |  |
| <b>Trefilação</b>   | Vergalhão de Al                                | Embarçamento do vergalhão no desembobinamento (início do processo) | Danos nas propriedades do material   | O vergalhão deve estar bem envolvido com o plástico insulfime e a operação deve baixar a velocidade da máquina no momento de transferir de um vergalhão para o outro | Análise de causa raiz para tomada de decisão   | Não é viável a reutilização do vergalhão depois que ele embarça    | Inserção do vergalhão no forno de fusão   | **   |  |
|   |  |  |  | Fio de Al  | Temperatura e vazão do óleo trefilal fora dos limites permitidos   | Check list na temperatura do óleo e na vazão no início do processo | Aplicação das ferramentas de qualidade (diagrama de causa e efeito, gráfico de Pareto e gráfico de controle | Uma vez que os fios estão não conforme, com riscos e escamas a empresa não pode reutilizar | Inserção dos fios no forno de fusão  |
|   | Auto controle operacional ao longo do processo | Parâmetros do fio fora do especificado (material não conforme)     | Uma vez que os fios estão não conforme, com riscos e escamas a empresa não pode reutilizar |  |  | Inserção dos fios no forno de fusão                                | **  |  |  |
|   | Borra de óleo trefilal                         | Vazamento de óleo  | Troca do óleo por tempo de uso   | Acumulo de pó de alumínio na composição do óleo  | Filtragem do óleo quando possível  | Filtragem ao invés da troca do óleo                                | Sistema de filtragem e recirculação   | A reciclagem deste resíduo não é possível  | A borra de óleo é enviada para o Co-processamento (tipo de tratamento térmico), onde será reaproveitado em fornos de cimenteiras |
| Treinamentos e procedimentos quanto ao manuseio do óleo   |  |  | Geração extra de resíduo   |  | Acionamento da brigada de emergência para limpeza do local e acionamento da manutenção para correção do problema/vazamento | **   |   |  |  |

## APÊNDICE C – Resumo do GRS no setor de Encordoamento

| RESUMO DO GRS GERADOS NO PROCESSO PRODUTIVO DE ENCORDOAMENTO |  |  |   |   |   |  |  |                  |  |
|--|--|--|---|---|---|--|--|------------------|--|
| ETAPA  | RESÍDUO                                      | MOTIVO/POTENCIA L GERADOR  | IMPACTO   | NÃO GERAR   | REDUZIR A GERAÇÃO   | REUTILIZAÇÃO   | RECICLAGEM   | DESTINAÇÃO FINAL |  |
| <b>Encordoamento</b>   |  | Metragem da espula acima do requerido para formação do cabo                                      | Fundo de espulas - No final do processo haverá sobras de fios nas espulas                                 | Utilização da planilha para cálculo exato da metragem a ser produzida por espula e por produto                  | Realocação das espulas para produção de outro cabo, com metragem menor                                      | Se a realocação é possível, os fios são reutilizados/reaproveitados                        | Inserção dos fios no forno de fusão (se a realocação não for possível) | **               |  |
|  |  | Fios não conforme, com escamas no meio ou no final da metragem (não detectados na fase anterior) | Quebras e estiramento dos fios ao longo do processo   | Não é possível detectar a não conformidade dos fios nesta etapa, se fosse possível já seria feito na trificação | Aplicação das ferramentas de qualidade (diagrama de causa e efeito, gráfico de Pareto e gráfico de controle | Uma vez que os fios estão não conforme, com riscos e escamas a empresa não pode reutilizar | Inserção dos fios no forno de fusão                                    |                  |  |
|  | Condutor elétrico de Al nu (produto acabado) | Metragem da espula acima do requerido para formação do cabo                                      | Lance irregular - No final do processo o condutor sairá com uma metragem abaixo do requerido pelo cliente | Utilização da planilha para cálculo exato da metragem a ser produzida por espula e por produto                  | Realocação das espulas para produção de outro cabo, com metragem menor                                      | Se a realocação é possível, os fios são reutilizados/reaproveitados                        | Inserção dos fios no forno de fusão (se a realocação não for possível) | **               |  |
|  |  | Produto acabado não conforme   | Não atendimento a solicitação do cliente  | Controla a qualidade do fio (ações nos itens anteriores)  | Aplicação das ferramentas de qualidade (diagrama de causa e efeito, gráfico de Pareto e gráfico de controle | Uma vez que o condutor está não conforme, a empresa não pode reutilizar                    | Inserção do condutor no forno de fusão                                 |                  |  |