

**Melhorando a capacidade produtiva na refusão para Fabricação de tarugos de alumínio  
– estudo de caso Alcoa**

**Improving the productive capacity in the Manufacture of aluminum billets - Alcoa case  
study**

**Mejorar la capacidad productiva en el Fabricación de billets de aluminio - caso práctico  
de Alcoa**

Recebido: 15/06/2020 | Revisado: 30/06/2020 | Aceito: 05/07/2020 | Publicado: 17/07/2020

**Jadir Perpétuo dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4883-1052>

Universidade Federal do ABC, Brasil

E-mail: [Jadir.p@ufabc.edu.br](mailto:Jadir.p@ufabc.edu.br)

**Jonas José da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8439-5932>

Universidade do ABC, Brasil

E-mail: [silvajj260@gmail.com](mailto:silvajj260@gmail.com)

**Resumo**

Com um estudo de caso, desenvolveu-se uma pesquisa de campo combinando, exploração e descrição com uma análise qualitativa, com o uso de técnica de observação direta intensiva, têm como objetivo do artigo fazer uma melhoria em seu processo de refusão para aumentar a sua capacidade de produção. O estudo de caso foi realizado na Alcoa, líder mundial na produção de alumínio, no trabalho passamos por uma definição conceitual da liga do alumínio e seu processo de fabricação que atualmente é de grande relevância no mercado industrial, pela sua flexibilidade de aplicação em diversos setores. A melhoria apresentada no estudo possibilitou um aumento de produção no processo de refusão na fabricação da liga de alumínio que era considerada um gargalo.

**Palavras-chave:** Fundição; Refusão; Alumínio; Fabricação; Metalurgia.

**Abstract**

With a case study, a field research was developed combining, exploration and description with a qualitative analysis, with the use of intensive direct observation technique, with the objective of the article to make an improvement in its process of remelting to increase its

production capacity. The case study was carried out at Alcoa, the world leader in aluminum production, at work we went through a conceptual definition of aluminum alloy and its manufacturing process, which is currently of great relevance in the industrial market, due to its flexibility of application in various sectors. The improvement presented in the study allowed an increase in production in the process of remelting in the manufacture of aluminum alloy that was considered a bottleneck.

**Keywords:** Remelting; Foundry; Aluminum, Manufacturing; Metallurgy.

## Resumen

Con un estudio de caso, se desarrolló una investigación de campo combinando, explorando y descripción con un análisis cualitativo, con el uso de una técnica intensiva de observación directa, con el objetivo del artículo de mejorar su proceso de fusión para aumentar su capacidad de producción. El estudio de caso se llevó a cabo en Alcoa, líder mundial en la producción de aluminio, en el trabajo pasamos por una definición conceptual de aleación de aluminio y su proceso de fabricación, que actualmente es de gran relevancia en el mercado industrial, debido a su flexibilidad de aplicación en diversos sectores. La mejora presentada en el estudio permitió un aumento en la producción en el proceso de fusión en la fabricación de aleación de aluminio que se consideró un cuello de botella.

**Palabras clave:** Fusión; Fundición; Aluminio; Fabricación; Metalurgia.

## 1. Introdução

O alumínio está presente no dia a dia das pessoas de várias formas seja nos edifícios, carros e nas embalagens de produtos. Para Costa (2019), é o segundo metal mais utilizado no mundo, somente o ferro é mais utilizado que ele, também considerado um dos materiais em maior quantidade na crosta terrestre com propriedades de baixa densidade, elevada resistência e alta condutibilidade elétrica e térmica.

Com a competitividade mundial houve um aumento significativo do consumo de alumínio no mercado industrial, no setor automotivo, a Alcoa Alumínio S/A, (localizada em Santo André/SP), fatura mais com este tipo de produto em relação ao perfil extrudado.

A Alcoa (2020a) possui três empresas com segmentos diferentes que fabrica perfis extrudados no Brasil, escolhemos a Alcoa de Utinga localizada em Santo André que fornece produtos para o setor industrial.

A empresa é líder mundial na produção de alumínio, atuando em 31 países, a Alcoa

(2020b) Inc. possui 61 mil funcionários. Na América Latina e Caribe, a companhia conta com cerca de sete mil funcionários e possui operações no Brasil, Jamaica e Suriname na produção de alumínio primário, alumínio industrializado e mais do que produzir alumínio, é capaz de transformá-lo e utilizá-lo em outros mercados como de embalagem, espacial, construção civil, petróleo e gás. Para a produção destes vários segmentos ela extrai a bauxita, depois planta mais árvores do que havia naquela área desmatada, e em toda região que atua.

A empresa Alcoa (2020a) tem como meta e missão se manter líder no mercado da produção de alumínio. Portanto, devido a várias informações e processos a Alcoa decidiu, como objetivo do artigo, fazer melhorias em seu processo de refusão para aumentar a capacidade de produção.

A base desse trabalho é o método fenomenológico sendo abordado através de uma pesquisa de campo, com problema qualitativo e uma pesquisa descritiva/exploratória usando os seguintes procedimentos: (i) Pesquisa bibliográfica, (ii) Pesquisa de levantamento, (iii) Estudo de caso (entrevista não-estruturada) e (iv) Pesquisa de ação.

## **2. Fundamentação Teórica**

Nesse item descreve-se as características do alumínio e sua obtenção no meio ambiente.

### **2.1 Alumínio**

A crosta terrestre é constituída de minerais, que são sólidos de composição definida, concentrados em depósitos ou rochas, chamados de argilominerais.

Dentre diversos tipos de argilominerais tem a bauxita, que contém alumínio na forma de hidróxido e óxidos. Apesar do alumínio ser o 3º mais abundante do planeta, o metal puro não é encontrado naturalmente. Para obter a forma metálica do alumínio é necessária uma transformação química (Franco, 1989).

A obtenção do alumínio é feita a partir da bauxita, um minério que pode ser encontrado em três principais grupos climáticos: o Mediterrâneo, o Tropical e a Mineração (Abal, 2014).

Há 6000 anos AC (Antes de Cristo), ceramistas da Pérsia manipulavam o óxido de alumínio, conhecido como alumina para produzir seus vasos. Trinta séculos mais tarde, egípcios e babilônios usaram outra substância contendo alumínio na fabricação de cosméticos

e produtos medicinais. Até então, nada se sabia sobre o metal na forma como o conhecemos hoje (Abal, 2014).

## 2.2 Obtenção do alumínio

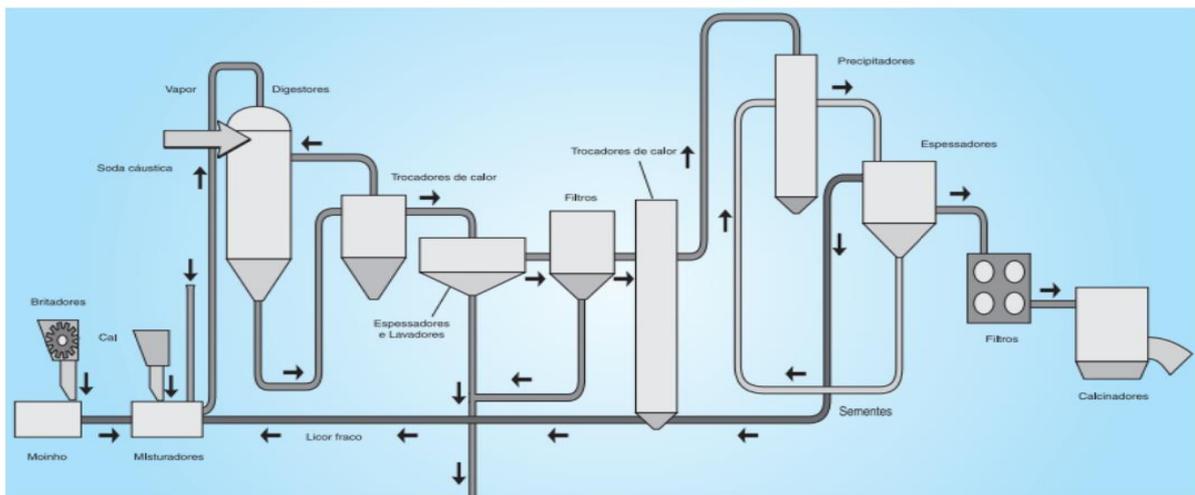
Segundo Sheng, Li, Wu, Yang, Liu, Zhao e He (2019), Liu, Wimpory, Li, Lai, Li, Chen, Liu e Zhao (2019) e Diniz (2013) como citado por Santos, Silva, Carvalho e Junger, (2016) e definiram com pequenas variações o material de liga de alumínio 6005A por ter alto conteúdo de alumínio na sua composição química, que socializa leveza e a não oxidação do material a ser utilizada na formação do assoalho de caminhão, a sua composição é formada por: Alumínio (Al) 98, 1833%, Cobre (Cu) 0, 0500%, Ferro (Fe) 0, 1900%, Magnésio (Mg) 0.5000%, Manganês (Mn) 0,2200%, Silício (Si) 0,8000%, Titânio (Ti) 0,0140.

Para obter a bauxita (matéria-prima do alumínio) necessita efetuar três etapas: mineração, refinaria e redução; ela é extraída, lavada e secada, antes de ir para a refinaria onde se transforma no alumínio.

Os cristais são secados e calcinados para eliminar a água, fazendo com que o pó branco de alumina pura até a redução através da eletrólise. A principal fase da produção de alumina é: moagem, digestão, filtração/evaporação, precipitação e calcinação.

Para obter o alumínio é utilizado o processo Bayer para a produção de alumina (óxido de alumínio) através da “dissolução da bauxita em soda cáustica, separando o material sólido, concentrando e filtrando para cristalização a alumina” (Castilhos, 2016 p. 4). é carregada de forma controlada, em um eletrólito fundido, formado por sais de criolita e fluoreto de alumínio, suas fases da produção desde a entrada até a saída são: moagem., digestão, filtração/evaporação, precipitação e calcinação estão representadas na Figura 1.

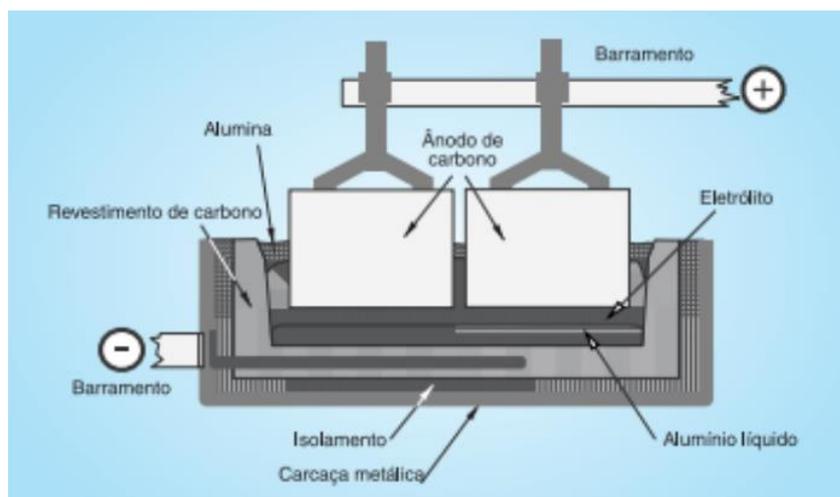
**Figura 1** - Fluxograma de uma refinaria de acordo com o processo Bayer.



Fonte: Abal (2014).

A passagem de corrente elétrica na célula eletrolítica promove a redução de alumina decantando o alumínio metálico no fundo da célula e o oxigênio liberado reage com anodo de carbono, formando dióxido de carbono, referente a quantidade, para obter 1 kg de alumínio primário, precisa de 2 kg de alumina que necessita de 5 kg de bauxita (Figura 2), onde a alumina é carregada de forma controlada em um em um eletrólito fundido, formado por criolita natural ou sintética ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) (Castilhos, 2016).

**Figura 2** - Diagrama de uma célula de redução para alumínio primário (ABAL).



Fonte: Abal (2014)

No domínio desses processos tanto de extração da Bauxita quanto na obtenção do alumínio primário no mundo podemos citar a empresa Alcoa Inc. como líder global na

produção de alumínio.

O alumínio, graças as suas características, possui uma diversa gama de aplicações. Material leve, durável e bonito, o alumínio mostra um excelente desempenho e propriedades superiores na maioria das aplicações. Produtos que utilizam o alumínio ganham também competitividade, em função dos inúmeros atributos que este metal incorpora (Abal, 2014).

Na fabricação do alumínio ocorre um gasto muito grande de energia, mas o Brasil se destaca em sua fabricação, insumo relevante para a maioria das atividades econômicas a energia é um componente fundamental na cadeia produtiva do alumínio que necessita dessa base em escala significativa. Por isso, a indústria investe em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias capazes de reduzir seu consumo de energia, úteis para diminuir seus próprios custos e garantir a sustentabilidade ambiental de nosso planeta.

Nesse sentido o alumínio brasileiro tem um diferencial importante, pois utiliza energia hidroelétrica limpa, cujos impactos ambientais são sensivelmente inferiores a aqueles decorrentes de tecnologias empregadas em outros países, como a queima de carvão e gás natural (Santos et al, 2016).

Diversos produtos podem receber a contribuição do alumínio, destacamos os veículos automotivos. Os veículos com alumínio são mais econômicos, o metal proporciona economia de combustível, reduz a emissão de gases poluentes e aumenta a eficiência, o resultado da aplicação de alumínio em veículos de passeio e caminhões fabricados em 2006 poupou o consumo de 55 bilhões de litros de petróleo, segundo o *International Aluminium Institute* (IAI) (Abal 2014).

A Alcoa utiliza como pilares da sustentabilidade a excelência ambiental, responsabilidade social e sucesso econômico. Neste processo aqui citado, a matéria prima tem como ponto forte a sustentabilidade e o incentivo a reciclagem que a Alcoa investe intensivamente, revertendo sucata em material nobre e aceitando sobras de alumínio do cliente como forma de desconto no produto final a ser negociado (Alcoa, 2013).

Efetuando pesquisas de mercado, a companhia busca sempre priorizar a satisfação de seus clientes, podendo fazer produtos exclusivos de alumínio e respeitando o prazo de entrega, oferecendo produtos confiáveis, melhorando sempre os processos, serviços e produtos, buscando incansavelmente a excelência. Desta maneira faz seu marketing e assim atrai novos clientes.

### 3. Metodologia

Procurou-se ler sobre a produção de alumínio em documentos primários e secundários para conhecer e entender os processos de fabricação do alumínio, assim escolhendo um elemento importante que limitava a capacidade produtiva no caso a Refusão. A estrutura escolhida foi a dinâmica, uma vez que se descreve o funcionamento e a finalidade de um processo para com isso procurar algum tipo de melhoria (Marconi & Lakatos, 2017).

Segundo Alves como citado em Grubts (2004, p. 94), todo pensamento começa com um problema. Quem não é capaz de perceber e formular problemas com clareza não pode fazer ciência. O problema da pesquisa foi identificar um meio de aumentar a produtividade da refusão.

Pesquisa de campo é utilizada com objetivo de conseguir conhecimento sobre um problema (Marconi & Lakatos, 2018), nessa pesquisa de campo, através do estudo de caso, o objetivo é conseguir informações sobre o processo de refusão, descrever completamente um fenômeno através de análises empíricas e teóricas resultando uma análise qualitativa sobre o processo de refusão. (Marconi & Lakatos, 2018).

Adaptando os conceitos definidos por Marconi e Lakatos (2017), tem-se a seguinte Tabela 1 para descrever o método utilizado.

**Tabela 1** - Metodologia aplicada.

Tipo de pesquisa	<b>Pesquisa de campo com estudos exploratório descritivo combinados</b>
Análise	<b>Qualitativa</b>
Método de abordagem	<b>Método dedutivo</b>
Método de procedimento	<b>Estudo de caso</b>
Técnicas	<b>Observação direta intensiva com entrevista não estruturada</b>

Fonte: Os autores.

### 4. Estudo de Caso – Processo e fabricação

Nesse item descreve-se resumidamente o processo escolhido (Refusão) para ser

otimizado, representando um aumento de capacidade de produção.

#### 4.1 Produção do tarugo de alumínio com mudança na refusão

Os processos de fabricação, a produção do tarugo de alumínio produzidos na área da refusão são usados no atendimento a produção da extrusão.

Conceituando a Refusão é o local onde se funde o alumínio primário e ou refugos de sucatas, transformando-os em ligas na forma de placas ou tarugos. (Abal, 2014).

Já a Fusão do alumínio é, usualmente, realizada em fornos refratários de revérbero, indução, rotativo ou de cadinho, com capacidade, em alguns casos, que excedem a 100 toneladas. (Abal, 2014).

Em algumas fábricas, o alumínio é fundido primeiro em um forno (forno de fusão) e transferido para um segundo forno (forno de espera) para os ajustes de composição da liga, tratamento (fluxação) e controle adequado da temperatura antes do vazamento.

A área da refusão em Utinga que produz os tarugos de alumínio teve que passar por várias mudanças para conseguir atender a produção da extrusão.

Para isso foi feito um projeto apresentado na Figura 3, onde foi retirado um forno de fusão, chamado de forninho pelos funcionários, para melhorar o layout da área, da produção e a segurança na hora do vazamento dos fornos, resultado de uma avaliação do fluxo do processo produtivo.

**Figura 3** - Foto refusão antes das mudanças.



Fonte: Refusão Utinga, Alcoa (2020).

Na figura 3 é possível ver como era antes da mudança, a seta indica o forninho na refusão, que dava muito trabalho para carregá-lo e a produção era baixa.

Então para que a refusão passasse de uma produção de 1650 ton/mês para 2100 ton/mês teve que passar por mudanças, veja Figura 4 a seguir, com as alterações da empresa conseguiu atender a demanda do mercado com os colaboradores trabalhando com mais segurança e qualidade.

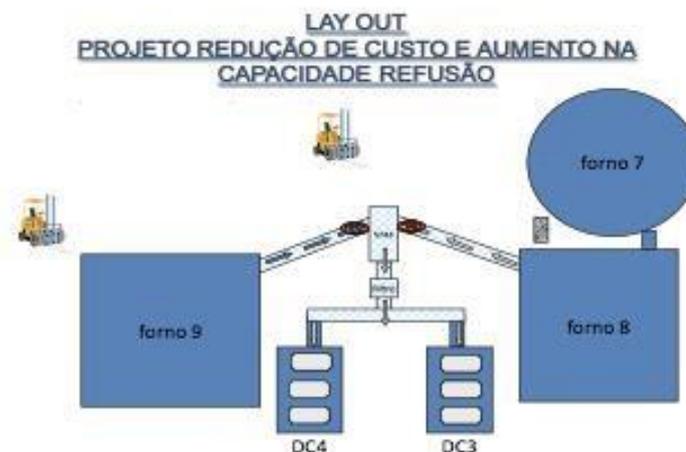
**Figura 4** - Foto refusão após retirada do forninho.



Fonte: Refusão Utinga, Alcoa (2020).

A seguir verificamos duas figuras (5 e 6) de como ficou a refusão após as mudanças.

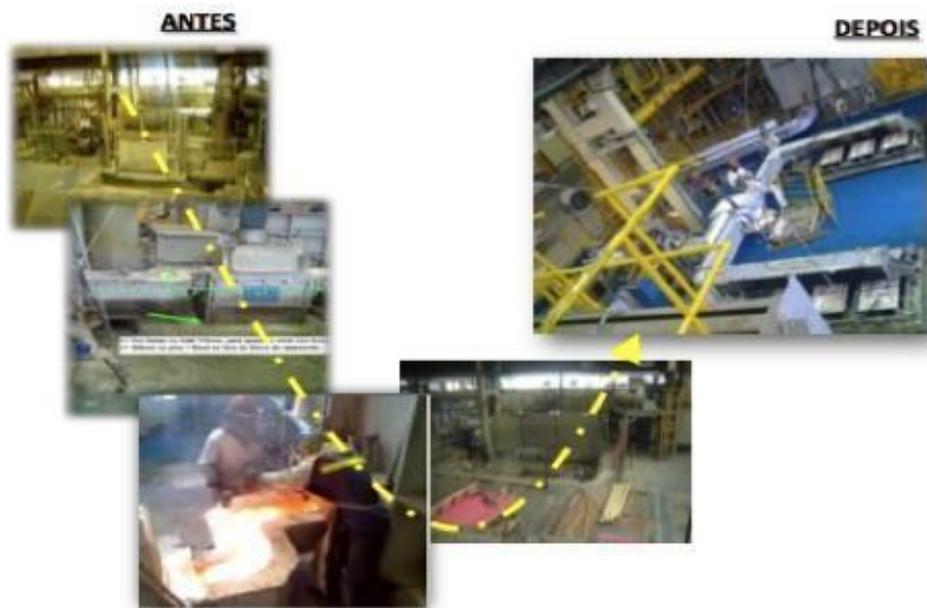
**Figura 5** - Layout da refusão.



Fonte: Refusão Utinga, Alcoa (2019).

A Figura 5 observa-se que a área após as reformas ficou muito melhor para o desempenho dos colaboradores nas respectivas funções, porque a área do jeito que estava não conseguiria atender a demanda do mercado que só aumentava e a produção já estava no gargalo sem conseguir aumentá-la, com a mudança conseguiu aumentar a capacidade buscando a produtividade necessária para atender o mercado e trabalhando com mais qualidade e segurança.

**Figura 6** - Antes e depois da refusão com as mudanças feitas.



Fonte: Refusão Utinga, Alcoa (2019).

A Figura 6 anterior demonstra que a área citada acima ficou com melhor layout, facilitando o trabalho, o manuseio de materiais, principalmente a organização(5s) e a segurança dos colaboradores.

Com estas mudanças a refusão conseguiu buscar a produção desejada de 2100 ton/mês atendendo assim a demanda do mercado da extrusão.

Para compreender melhor esta mudança a refusão trabalhava com 17 pessoas ligadas diretamente á produção do tarugo e hoje é de 12 pessoas, e não precisou demitir nenhuma dessas pessoas. Elas ficaram fazendo outras atividades dando suporte para as outras áreas dentro da própria refusão.

Mesmo com tantas mudanças já feitas na área da refusão, um funcionário usou o programa que existe dentro da Alcoa chamado Ideia.com, e deu uma oportunidade para

reduzir o tempo de carregamento do forno 9, com isso aumentou ainda mais a produção da refusão em mais 100 toneladas passando para 2200ton/mês.

Para entender a ideia, antes o carregamento era feito com apenas duas empilhadeiras e demorava umas dez horas para finalizar o carregamento, depois da ideia implantada o carregamento passou a ser feito com três empilhadeiras reduzindo o tempo de carregamento para cinco horas e meia, teve um ganho de quatro horas e meia no carregamento, um ganho incrível, mesmo tendo um aumento no uso do gás para as empilhadeiras, o tempo ganho no carregamento valeu a pena. Isso possibilitou a melhora dos 5's e do sistema de manutenção preventiva.

A Figura 7, está explicando quanto foi o ganho com a nova ideia implantada, o primeiro gráfico apresenta quanto tempo se gastava trabalhando apenas com duas empilhadeiras e para quanto tempo foi trabalhando com as três empilhadeiras.

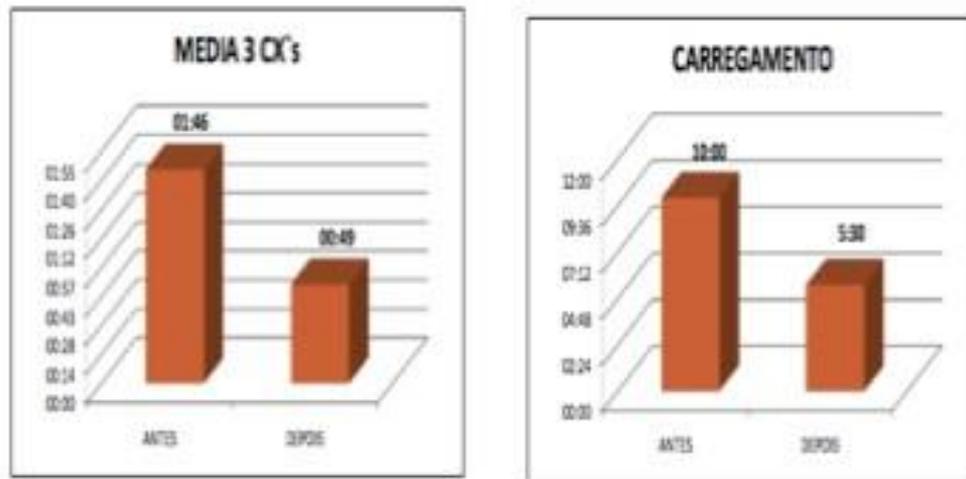
**Figura 7** - Foto trabalhos realizados com duas e três empilhadeiras.



Fonte: Refusão Utinga, Alcoa (2019).

Veja a seguir no gráfico o ganho com a ideia implantada. O Gráfico 1 apresenta quanto era o tempo total no carregamento de um forno de fusão e para quanto foi após passar a utilizar as três empilhadeiras.

**Gráfico 1 - Gráfico do ganho da ideia implantada.**



Fonte: Refusão Utinga, Alcoa (2019).

Após a ideia implantada vejam que o carregamento que era feito em dez horas, passou a ser feito em cinco horas e meia.

## 5. Considerações Finais

Com as mudanças a refusão obteve um ótimo resultado em todos os requisitos da área, principalmente em segurança, produção, 5s e TPM, onde (I) Segurança; com a mudança da calha que existia, o risco de incidente era muito grande na hora de abrir o vazamento por causa da calha que era muito curta podendo transbordar facilmente o alumínio líquido; (II) Produção; com as mudanças foram conquistadas as metas de produtividade que o setor precisava para atender a fábrica de Utinga e as outras empresas que compravam tarugo da Alcoa; (III) 5s, TPM e Ideia.com; por causa da mudança e da otimização no tempo das tarefas, houve redução de funcionários que foram utilizados para a realização de outras tarefas como por exemplo: na ideia de diminuir o tempo no carregamento dos fornos de fusão com mais uma empilhadeira. Melhorou ainda mais os 5 S's e o TPM, deixando a área com um aspecto mais atraente com toda organização possível.

Uma proposta para trabalhos futuros é replicar o estudo de caso para outros processos em busca de uma otimização da eficiência da empresa continuamente.

## Referências

Abal - Associação Brasileira do Alumínio. (2014). *Guia técnico do alumínio – Extrusão*. v.1. 5º ed. São Paulo: Abal.

Alcoa. (2020a). *Web site*. Recuperado de: <https://www.alcoa.com/global/en/home.asp>

Alcoa. (2020b). *Sustainability - Minimize Impacts. Maximize Value*. Recuperado de: <https://www.alcoa.com/sustainability/en/default.asp>

Castilhos, M.

Z. (2016). *Obtenção e caracterização metalúrgica e mecânica da liga de alumínio a356 por processo de tixofundição utilizando o método SIMA*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Porto Alegre.

Costa, A. M. C. (2019). *Avaliação do desempenho de ligações aparafusadas em perfis de alumínio aplicados em superestruturas de autocarros*. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP. Departamento de Engenharia Mecânica. Porto, Portugal. 121.

Grubts, S., & Noriega, J. A. V. (2004) *Método qualitativo: epistemologia, complementariedades e campo de aplicação*. São Paulo: Vetor.

Liu, X., Xie, P., Wimpory, R., Li, W., Lai, R., Li, M., Chen, D., Liu, Y. & Zhao, H. (2019). *Residual Stress, Microstructure and Mechanical Properties in Thick 6005A-T6 Aluminium Alloy Friction Stir Welds*. *Metals* 2019, 9, 803. [doi.org/10.3390/met9070803](https://doi.org/10.3390/met9070803)

Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2018). *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. 8. Ed. São Paulo: Atlas.

Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2017). *Metodologia de trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projetos e relatórios, publicações e trabalhos científicos*. 8ª ed. São Paulo: atlas

Santos, J. P., Silva, J. J., Carvalho, L. E. C., & Junger, A. (2016). *A TPM aplicadas no processo produtivo de perfil de alumínio para piso da carroceria de caminhão e ônibus*. Revista de Casos e consultoria. 7(4), e741. UFRN.

S

Sheng, X., Li, K., Wu, W., Yang, Y., Liu, Y., Zhao, Y., & Ele, G. (2019). *Microstructure and Mechanical Properties of FrictionStir Welded Joint of an Aluminum Alloy Sheet 6005A-T4*. *Metals* 2019, 9, 1152. doi.org/10.3390/met9111152

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Jadir Perpétuo dos Santos – 50%

Jonas José da Silva – 50%