



FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de Engenharia Química

Licenciatura em Engenharia Ambiental

Relatório de Trabalho de Licenciamento

**Avaliação da Eficiência e Produtividade dos Fornos da Empresa MIDAL CABLES
na Província de Maputo, e seus Impactos na Qualidade dos Produtos**

Autora:

Maria Albino Monjane

Supervisor:

Prof. Doutor Esnaider Rodrigues Suarez

Co-Supervisores:

Prof. Doutor João Fernando Chidamoio, Eng^o

Prof. Doutor Adolfo Condo, Eng^o

Maputo, Outubro de 2024



FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de Engenharia Química

Licenciatura em Engenharia Ambiental

Relatório de Trabalho de Licenciamento

**Avaliação da Eficiência e Produtividade dos Fornos da Empresa MIDAL CABLES
na província de Maputo, seus Impacto na Qualidade dos Produtos**

Autora:

Maria Albino Monjane

Supervisor:

Prof. Doutor Esnaider Rodrigues Suarez

Co-Supervisores:

Prof. Doutor João Fernando Chidamoio, Eng. °

Prof. Doutor Adolfo Condo, Eng. °

Maputo, Outubro de 2024



FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de Engenharia Química

Licenciatura em Engenharia Ambiental

Termo de Entrega do Relatório De Trabalho de Licenciatura

Declaro que a Estudante Maria Albino Monjane entregou no dia ___/___/20___ As ___ cópias do Relatório do Seu Trabalho de Licenciatura intitulado:

Avaliação da Eficiência e Produtividade dos Fornos da Empresa MIDAL CABLES, seus Impactos na Qualidade dos produtos

Maputo, _____ de _____ de 20_____

O Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO

Eu, Maria Albino Monjane, Declaro por minha honra que esta Monografia que, no presente momento, submeto à Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane em cumprimento dos requisitos para a obtenção do grau de licenciatura em Engenharia do Ambiente, nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer outro grau académico e que constitui o resultado da minha investigação pessoal, tendo indicado no texto e na bibliografia as fontes que utilizei.

Maputo, _____ de _____ de 20_____

(Maria Albino Monjane)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente a Deus "Salmos 139-14. Eu te louvo porque deves ser temido. Tudo o que fazes é maravilhoso, e eu sei disso muito bem; " Salmos 139- 10. Ainda ali a tua mão me guia, ainda ali tu me ajudas." Aos meus pais Albino Monjane Júnior e Melecina Manuel Moiane, A minha irmã Elizabeth e o casal Penteado (Lina e João Penteado) Vai o meu Muito obrigada.

AGRADECIMENTOS

Ao Único que é digno de receber toda honra, a Glória e toda a Adoração "Ao que está assentado no trono e a Jesus Cristo, seja o louvor, seja o domínio pelos séculos dos séculos. Endereço á minha eterna gratidão à Deus, o meu alicerce, pela força e protecção ao longo de todos esses anos, a ti minha alma canta e louva, Deus meu, que opera o possível. "

Ebenézer pós até aqui o Senhor me Ajudou "

Aos meus pais Albino Monjane Júnior e Melecina Manuel Moiane agradeço pelo amor pelos ensinamentos que sempre incutiram em mim, pela motivação em meio a tanta dificuldade sempre criaram condições para que eu pudesse-me formar e muito obrigada por terem acreditado em mim, vocês são os meus pilares, eu vos amo muito.

Me faltam palavras para agradecer-te Elisabeth Albino Monjane, obrigada pelo teu amor, pela motivação que me deste ao longo deste percurso, por ter me suportado nos dias maus, por sempre teres me mostrado a sua disposição, assim como está escrito " melhor dois do que um " Deus não poderia ter me dado o outro membro se não fosses tu, a ti vai o meu Muito obrigada.

"O que dizer sobre vocês "casal Penteado, muito obrigada por tudo, por terem investido muito na minha formação não só em valores monetários, mas pela paciência, o cuidado, o amor, a motivação, e acima de tudo por acreditarem imensamente em mim, muito obrigada.

"E sobre vocês "Mano Leo e Mano V, muito obrigada pela vossa vida, obrigada pelas orações, pelos conselhos, orientações, por terem me ensinado a buscar a JESUS Cristo verdadeiramente, tenho a vocês como meu exemplo. Muito obrigada

O meu muito obrigado ao meu supervisor, Prof. Doutor Esnaider Rodriguez Suarez, o Prof Doutor João Fernando Chidamoio e o Prof Doutor Adolfo Condo pelo apoio, dedicação, paciência, orientação e ensinamentos transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

O Meu muito obrigado ao José Mário Ubisse, por ter me ajudado a tornar este sonho real. Obrigada por ter-se disponibilizado a ajudar-me em todas as dificuldades que foram surgindo durante a preparação para ingressar à Universidade. Muito obrigada

Agradeço a minha querida' colega', Jéssica Yolanda Cossa, pelas nossas longas horas de estudo, pelas orações e por teres acreditado em mim a todo momento. Assim como esta escrito melhor dois do que um, muito obrigada colega.

Agradeço a minha família Amada em Cristo Jesus "AEW "Muito obrigada pelas orações, e por cada palavra positiva que proferiram em meu favor muito obrigada.

Agradeço a Universidade Eduardo Mondlane por ter-me formado, muito obrigada ao todo corpo dos Docentes da faculdade de Engenharia em especial ao Prof. Dr. Estevão Pondja, Prof. Dra. Maria Eduardo, Mestre Leila Parruque, Eng^a, Prof. Dr. Clemêncio Nhamtumbo, Prof. Dr. Lucrecio Biquiza, Mestre Karina Montani, Eng^a, O meu Muito obrigada.

Agradeço ao Chelton Júlio Bizzuque pela motivação, por ter acreditado em mim, pela força nos momentos mais difíceis da minha formação, muito obrigada.

Muito obrigada á, Rosa Nhampulo, Sara Mendes, Sarlina Mazive, Ivan pene, pela força, motivação, por terem acreditado em mim, e pela paciência obrigada pelas longas horas de estudo que tínhamos, por me ajudar em cada dificuldade que tive e por sempre ter demonstrado total disponibilidade e apoio, o meu muito obrigado.

Agradeço ao Pastor Pinto pelas orações, pela motivação muito obrigada e a o pessoal da empresa Midal cables Lda., em especial ao técnico Egílio Zandamela e o Eng^o Alfredo pagamento, vai o meu muito obrigado. **Muito obrigada**

A todos que não foram mencionados, mas que em especial contribuíram directamente ou indirectamente para a minha formação, para sempre vou guardar-vos com cuidado e com carinho, dentro do meu coração.

RESUMO

A redução dos custos de produção por meio de eliminação dos desperdícios e do melhor controlo dos processos tornam-se indispensáveis para obter-se aumento da produtividade e eficiência dentro das organizações. O presente trabalho de pesquisa tem como objectivo principal avaliar a produtividade e eficiência dos fornos da empresa Midal Cables Lda, os seus impactos na qualidade dos produtos e no meio ambiente. Neste âmbito foi realizado um acompanhamento rotineiro no processo de produção na área de estudo durante 45 dias, onde verificou-se a maneira pelo qual ocorre o processo de obtenção dos varrões de alumínio. Foi feito um levantamento da quantidade da matéria-prima recebida e produtos obtidos, o que possibilitou o cálculo da produtividade e eficiência. Em seguida fez-se o balanço mássico das correntes sólidas com o objectivo de obter a quantidade da escória formada e qual relação existe entre a produtividade e eficiência. E por fim realizou-se a caracterização química da escória de alumínio pelo método de espectrometria por fluorescência de raios-x (XRF) nas amostras 1 e 2. Os resultados obtidos da produtividade demonstraram que a monitorização II superou a monitorização I tendo obtido 39130 kg e 35980 kg respectivamente e a eficiência obtida nos fornos TF_1 e TF_2 nas monitorizações I e II foi de 63.9 % e 61.64 % respectivamente. Obteve-se 96136kg na monitorização I e na monitorização II obteve-se 29865 kg de escória, conclui-se que quanto maior produtividade menor será escória. Os resultados obtidos na amostra 1, demonstraram que os elementos como o Fe 0.265 (%), Si 0,025 (%), Boro 0.078 (%) estiveram acima da composição óptima e os resultados da amostra 2, demonstraram que o Si 0.411 (%), Fe 0.275 (%), também estiveram acima do esperado oque afectou directamente na obtenção dos produtos não conformes. Os possíveis impactos ambientais verificados são acumulação de contaminantes e acidificação do solo, contaminação de águas subterrâneas e a libertação de CO, NO_x, SO₂, HC que são responsáveis pela geração de chuvas ácidas, fumaças, agravamento do efeito estufa e poluição atmosférica.

Palavras-chave: Eficiência produtiva, Fornos, Impactos ambientais e Produtividade

ABSTRACT

Reducing production costs by eliminating waste and improving process control is crucial for enhancing productivity and efficiency within organizations. This research project primarily aims to evaluate the productivity and efficiency of the furnaces at Midal Cables Lda, and their impact on product quality and the environment. The goal is to identify potential causes of low productivity and efficiency, the production of non-conforming products leading to diminished customer expectations in terms of quality, and the environmental impacts resulting from the process. In this context, routine monitoring of the production process in the study area was conducted over a period of 45 days. The process of producing aluminum rods was examined. The quantity of raw materials received and the products produced were analyzed, enabling the calculation of productivity and efficiency. The mass balance of the solid streams was then analyzed to determine the quantity of slag formed and the relationship between productivity and efficiency. Finally, the chemical characterization of the aluminum slag was performed using the X-ray Fluorescence Spectrometry (XRF) method on samples 1 and 2. The productivity results showed that monitoring II surpassed monitoring I, yielding 527,845 kg and 369,925 kg respectively. The efficiencies obtained were 58.78% and 66.76% in monitoring I and II respectively. A total of 96,136 kg of slag was obtained in monitoring I and 29,865 kg in monitoring II, concluding that higher productivity leads to higher efficiency and less slather results obtained in sample 1 showed that elements such as Iron (Fe) 0.265%, Silicon (Si) 0.025%, and Boron (B) 0.078% were above the optimum composition. The results of sample 2 showed that Silicon (Si) 0.411% and Iron (Fe) 0.275% were also above the expected levels, which directly affected the production of non-conforming products. The observed environmental impacts include the accumulation of contaminants and soil acidification, groundwater contamination, and the release of CO, NO_x, SO₂, and HC. These are responsible for the generation of acid rain, smoke, exacerbation of the greenhouse effect, and atmospheric pollution.

Keywords: Production Efficiency, Furnaces, Environmental Impacts and Productivity

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS	x
LISTA DE UNIDADES DE MEDIDAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS QUÍMICOS.....	ii
LISTA DE FLUXOGRAMAS	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE GRÁFICOS	xiv
LISTA DE TABELAS	xv
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Apresentação e definição do Problema.....	2
1.3. Hipóteses	3
1.3. Justificativa.....	3
1.4. Objectivos.....	4
1.4.1. Geral	4
1.4.2. Específicos.....	4
1.5. Metodologia.....	5
1.5.2. Trabalho de Campo	5
1.5.1. Pesquisa Bibliográfica.....	6
1.5.3. Trabalho laboratorial	6
1.5.4. Análise e Discussão dos resultados.....	6

1.5.5. Elaboração do Relatório Final.....	7
1.6. Estrutura do trabalho.....	7
CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. Indústria	8
2.2. Fornos.....	8
2.2.1. Partes principais de um forno.....	9
2.2.2. Fornos Industriais.....	9
2.3. Fundição	11
2.3.1. Materiais de fundição	11
2.3.2. Tipos de Fornos de Fundição	12
2.4. Impacto Ambiental.....	15
2.4.1. Impacto ambiental na fundição	15
2.5. Resíduos	16
2.5.1. Classificação dos Resíduos	16
2.5.2. Escória do alumínio.....	17
2.6. Eficiência produtiva	18
2.7. Eficiência Energética.....	19
2.8. Indicador de Eficiência global de Equipamentos (OEE)	19
CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.1. Localização geográfica da Empresa Midal Cables Lda.....	21
3.2. Midal Cables Lda.....	22
3.3. Operações unitárias envolvidas no processo de produção dos cabos eléctricos.....	23
3.3.1. Linha 1 (<i>Casting</i>), Produção dos cabos eléctricos (varrões de alumínio)	23
3.3.2. Apresentação e Descrição dos fornos de fundição do alumínio	27
3.4. Princípio de funcionamento dos fornos HF ₁ e TF'S.....	30

3.4.1. Linha 2 (<i>Nifhoff</i>), produção de fios	31
3.4.2. Linha 3 (<i>Pourtier</i>), produção de condutores	31
CAPÍTULO IV: MATERIAS E MÉTODOS.....	33
4.1. Métodos	33
4.1.1. Identificação do ponto e colecta das amostras	33
4.1.2. Preparação das amostras	34
4.2. Caracterização Química.....	34
4.3. Produtividade do forno	35
4.4. Eficiência produtiva	35
4.5. Balanço de massa.....	35
4.6. Indicador global de Eficiência de equipamentos (OEE)	36
CAPÍTULO V: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	37
5.1. Análise dos indicadores relacionados com a produtividade e eficiência do forno da Empresa Midal Cables Lda	37
5.1.1. Principais parâmetros analisados	37
5.2. Análise da Temperatura de carregamento e descarga do TF ₁ e TF ₂	37
5.2.1. Monitorização I e II da temperatura de carregamento e descarga do TF's	37
5.2.2. Monitorização I e II da temperatura de carregamento e descarga do HF ₁	38
5.2.3. Tempo de funcionamento do forno	40
5.3. Análise do consumo do gás natural	40
5.4. Análise da quantidade de escória formada	41
5.4.1. Monitorização I e II, Forno HF ₁	41
5.5. Análise da produtividade, eficiência e escória na monitorização I e II.....	42
5.5.1. Produtividade do forno da monitorização I.....	42
5.5.2. Eficiência produtiva do forno TF ₁ na monitorização I e II	43
5.5.3. Produtividade do forno na monitorização II.....	44

5.5.4. Eficiência produtiva na monitorização I e II do TF_2	46
5.6. Análise do Indicador Global de eficiência dos Equipamentos (OEE)	46
5.6.1. Indicador OEE	47
5.7. Impactos dos processos de produção com a qualidade do produto.....	47
5.7.1. Principais parâmetros analisados do controlo da qualidade	48
5.7.2. Análise comparativa entre a composição química do metal líquido, escória do alumínio e composição óptima.....	50
5.8. Possíveis impactos ambientais resultantes do processo de produção dos varrões do alumínio.....	53
5.8.1. Efluentes industriais	53
5.8.2. Efluentes gasosos.....	54
5.8.3. Resíduos sólidos.....	55
5.9. Medidas de Mitigação.....	57
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	60
6.1. Conclusões.....	60
6.2. Recomendações	61
6.3. Limitações	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS

AF - Alumínio Fundido	MCL - Midal Cables Lda
AD - Departamento de Administração	M.S - <i>Mild Steel</i>
DMU - <i>Decision Making Units</i>	MP - Matéria-prima
Dr - Doutor	NM - Norma Moçambicana
EDM - Electricidade de Moçambique	OEE - <i>Overall Equipment Effectiveness</i>
Et al - E outros	OTT - <i>Over the stop</i>
Eng^o - Engenheiro	Qnt - Quantidade
Eq - Equação	RH - Recursos Humanos
EN - Norma Europeia	S.A - Sociedade Anonima
EP I - Equipamento de protecção individual	SCA - Sociedade em Comandita por Acções
EUA - Estados Unidos de América	T_F -Temperatura final ou Temperatura de Descarga
FEA - Forno Eléctrico a Arco	TF - Temperatura do Fundente
FENG - Faculdade de Engenharia Ambiental	TF₁ - <i>Tilting Furnace (TF₁)</i>
GE - Gases de Exaustão	TF₂ - <i>Tilting Furnace (TF₂)</i>
Hab - Habitants	TPP - Tempo de produção planeado
HF₁ - <i>Holding Furnace (HF₁)</i>	TPR - Tempo de produção real
HSSA - Higiene e Segurança no Trabalho e Ambiente	TO -Tempo operacional
IPA - índice de produtividade de activos	TOL -Temperatura operacional líquido
ISO - <i>Internacional Organization for Stanandartizion</i>	UEM - Universidade Eduardo Mondlane
Lda. - Limitada	
MC - Mistura de combustão	
MCL - Midal Cables Lda	

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDAS

A - Área

°C - Graus Celcius

cm - Centímetros

cm² - Centímetros quadrados

g - Gramas

Kg - Quilograma

Kg/cm² - Quilograma por centímetro quadrado

Km - Quilómetro

Km² - Quilómetro ao quadrado

KV - quilo volt

KW - quilo watt

L - Litro

mm - Milímetros

m - Metros

m³/h - Metros cúbicos por hora

Nº- Número

% - Percentagem

s - Segundos

ton/h -Toneladas por hora

LISTA DE SÍMBOLOS QUÍMICOS

Al - Alumínio

Al₃O₂ - Óxido de alumínio

Al (OH) ₃ - Hidróxido de alumínio

AlN - Nitretos

B - Boro

C - Carbono

Cb - Cobalto

CO - Monóxido de Carbono

CO₂ - Dióxido de Carbono

Cr - Crómio

Cu - Cobre

Fe - Ferro

Ga - Gálio

H - Hidrogénio

H₂ - Hidrogénio Molecular

H₂O - Água

H₂SO₄ - Ácido sulfúrico

Mg - Magnésio

Mn - Manganês

Na - Sódio

NO - Óxido de Nitrogénio

N₂ - Nitrogénio

Ni - Níquel

NH₃ - Amônia

O₂ - Oxigénio elementar

S - Enxofre

SO₂ - Dióxido de Enxofre

SO₃ - Trióxido de Enxofre

Si - Silício

Ti - Titânio

V - Vanádio

Zn - Zinco

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1: Fluxos de entrada e saída no processo de fundição.	16
Fluxograma 2: Fluxo de operação industrial do alumínio secundário.....	18
Fluxograma 3: Estrutura Administrativa da Empresa Midal Cables Lda.....	22
Fluxograma 4: Procedimentos para a obtenção dos varrões de alumínio.....	26
Fluxograma 5: Processo produtivo da obtenção dos conductores eléctricos.	32
Fluxograma 6: Procedimentos laboratoriais para a obtenção da composição química da escória do alumínio.	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração dos queimadores em funcionamento no TF1.....	9
Figura 2: Representação do FEA.	13
Figura 3: Representação do forno Cubilot.	15
Figura 4: Fluxo do processo produtivo.	18
Figura 5: Localização geográfica da Empresa Midal Cables Lda.	21
Figura 6: Principais equipamentos usados para a obtenção do varrão do alumínio.....	25
Figura 7: Representação do Holding Furnace (HF1).....	27
Figura 8: Representação do Tilting Furnace (TF1).....	29
Figura 9: Representação dos pontos de recolha,1- recolha da amostra no forno TF1, 2- recolha da amostra no forno TF2.	33
Figura 10: Preparação das amostras de escória de Alumínio.	34
Figura 11: Preparação das amostras para a caracterização química por XRF, a- amostra de escória de Al, b-amostras no processo de leitura.....	35
Figura 12: Representação esquemática das correntes do balanço de massa.	36
Figura 13: Controlo de qualidade dos produtos obtidos no período de monitoria.	48
Figura 14: Controlo de qualidade dos produtos obtidos no período de monitoria.	49
Figura 15: Local de armazenamento das sucatas, A e B - sucatas prontas para a refundição.	49

Figura 16: Derrame de metal no interior da fábrica, 1,2- derrame de metal no processo de transferência.....	50
Figura 17: Efluentes Industriais, A,B,C demonstram o derrame de emulsão no interior da fábrica e D, água usada para arrefecer a barra.....	53
Figura 18: As alíneas a, b,c,d,e,f, representam os resíduos resultantes no processo de produção.....	55
Figura 19: Retirada da escória do forno e armazenagem.	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diagrama de distribuição do consumo de energia eléctrica numa fundição.	19
Gráfico 2: Análise da variação da temperatura nos fornos TF ₁ e TF ₂	38
Gráfico 3: Variação de temperatura no forno de fundição (HF ₁).....	39
Gráfico 4: Variação do consumo do gás natural.....	40
Gráfico 5. Variação da quantidade da escória formada no HF ₁	41
Gráfico 6. Resultados da produtividade e escória na Monitorização I.	42
Gráfico 7: Resultados da variação da eficiência produtiva no TF ₁	44
Gráfico 8: Resultados da produtividade na Monitorização II.....	45
Gráfico 9: Variação da eficiência produtiva na Monitorização I e II.	46
Gráfico 10: Resultados do Índice de eficiência global dos equipamentos.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipo de Indústria.....	8
Tabela 2: Matérias de Fundição.....	11
Tabela 3: Tipos de fornos eléctricos.....	12
Tabela 4: Características do FEA.....	13
Tabela 5: Tipos de fornos à combustíveis.....	14
Tabela 6: Principais perdas relacionadas com o OEE.....	20
Tabela 7: Tempo utilizado para o cálculo do OEE.....	20
Tabela 8: Características gerais do Holding Furnace (HF1).....	28
Tabela 9: Características gerais do Tilting Furnace (TF1).....	30
Tabela 10: Principais parâmetros analisados.....	37
Tabela 11: Resultados da Composição química da amostra 1.....	51
Tabela 12: Resultados da Composição química da amostra 2.....	52
Tabela 13: Medidas de mitigação para a melhoria da produtividade na Empresa Midal Cables Lda.....	58
Tabela 14: Medidas de mitigação dos impactos ambientais identificados no processo produtivo.....	59

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

A crescente concorrência entre as empresas faz com que elas busquem o aprimoramento constante de seus processos, a fim de assegurar o atendimento das expectativas de seus clientes, oferecendo produtos e serviços com a qualidade requerida e custo acessível, para assim manterem-se no mercado de forma competitiva (Musskopf, 2018). Conforme Oliveira (2015), na execução de funções, deve-se controlar os processos para não perder eficiência e produtividade em seus processos produtivos.

1.1. Contextualização

Os autores Pinto e Coronel (2017), definem a eficiência como a relação entre as entradas (*inputs*) de bens e serviços consumidos e as saídas (*outputs*), que são os resultados finais resultantes de um processo organizacional. Portanto, torna-se imprescindível para a sobrevivência de uma organização operar com eficiência produtiva, pois estará usando muitos inputs para produzir poucos outputs, o que terá impacto directo nos custos, na competitividade, nos rendimentos e na racionalização dos recursos naturais não renováveis dessa empresa.

A produtividade é uma das questões mais discutidas dentro da indústria de fabricação, bem como dentro da comunidade de pesquisa, que tem como foco a melhoria de desempenho. De fato, analisando o contexto histórico e a importância da produtividade, observa-se que, advindo da revolução industrial, alguns precursores pensaram na mensuração dos resultados globais do trabalho em oficinas, fábricas, empresas, indústrias ou mesmo países (Alves, 2018). Entretanto, o aumento da produtividade e da qualidade proporciona significativas reduções de perdas, desperdícios, custos, prazos de entrega, retrabalho, reclamações, resultados e competitividade nas empresas.

A redução dos custos de produção, mediante a eliminação de desperdícios e um melhor controle dos processos, aliados à aplicação de conceitos, técnicas e ferramentas de engenharia, torna-se indispensável para alcançar o aumento da produtividade e eficiência dentro das corporações (Musskopf, 2018).

Portanto, é crucial buscar continuamente a redução de custos, o aumento ou manutenção da qualidade dos produtos, sem negligenciar os aspectos e impactos ambientais dos processos e a segurança do trabalho dos colaboradores na organização (Michels e Silva, 2014).

Neste contexto, este trabalho propõe-se a realizar um estudo da eficiência e produtividade dos fornos da Empresa Midal Cables Lda na Província de Maputo, avaliando seus impactos na qualidade dos produtos. Esta abordagem é relevante, considerando que a empresa utiliza o alumínio como matéria-prima, o qual, apesar de apresentar propriedades químicas favoráveis para a obtenção de produtos de alumínio, possui características prejudiciais para a saúde humana e para o meio ambiente.

1.2. Apresentação e definição do Problema

A actividade industrial é considerada a principal causa da degradação ambiental, acelerando assim a alteração do ciclo ecológico e o funcionamento natural dos ecossistemas. Com a revolução industrial, a poluição tornou-se um problema para a humanidade, e o grau de poluição aumentou significativamente com a industrialização e urbanização, elevando a escala de seus impactos de local para planetária (Pangueia, 2010).

As indústrias de fundição em Moçambique contribuem para a economia do país; no entanto, na sua maioria, são responsáveis pela geração de impactos ambientais negativos, como a poluição do solo pelos produtos descartados indevidamente e a alteração na qualidade do ar devido aos gases liberados, como, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogénio, monóxido de carbono, entre outros, que também podem contaminar os cursos hídricos.

Um dos principais constrangimentos que essa actividade apresenta para a sociedade é a liberação dos gases de combustão na atmosfera e efluentes líquidos nos cursos de água sem tratamento prévio, causando danos à saúde da população local.

No entanto, após uma visita de campo realizada pela autora na empresa Midal Cables Lda, foi possível constatar, com base na revisão documental da empresa e na revisão da literatura, que não foi realizado nenhum estudo sobre a eficiência e produtividade do forno na área de estudo.

Neste contexto, por meio da observação directa no campo, verificou-se que a maneira como o processo de fundição ocorre pode ter um impacto directo na qualidade dos produtos (Barras, varrões, Fios e condutores), resultando em uma baixa expectativa do cliente quanto á qualidade dos produtos e gerando impactos negativos no meio ambiente.

Os aspectos descritos acima levantam a necessidade de entender: **Em que medida a eficiência e produtividade dos fornos da Empresa Midal Cables Lda na província de Maputo apresentam indicadores e parâmetros operacionais favoráveis e baixos impactos ambientais?**

1.3. Hipóteses

Hipótese Alternativa (H1) – A eficiência e a produtividade dos fornos da Empresa Midal Cables Lda apresentam impacto relevante na qualidade dos produtos.

Hipótese Nula (H0) – A eficiência e a produtividade dos fornos da Empresa Midal Cables não apresentam impacto relevante na qualidade dos produtos.

1.3. Justificativa

O presente trabalho enquadra-se na elaboração da monografia para a obtenção do grau de licenciatura no curso de Engenharia Ambiental na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. A pesquisa concentra-se nas disciplinas de Avaliação de Impacto Ambiental, Gestão e Tratamento dos Resíduos Sólidos, Operações Unitárias de Processamento e Economia Ambiental.

Este estudo aborda aspectos relevantes sobre a produtividade e eficiência no processo de fundição do alumínio, permitindo a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos durante o período de formação.

Sendo um dos primeiros trabalhos a avaliar a eficiência e produtividade dos fornos da empresa em questão, a nível científico, deixa um roteiro sobre os indicadores analisados, proporcionando aos futuros pesquisadores informações sobre os principais impactos e auxiliando no desenvolvimento de pesquisas para reduzir resíduos decorrentes do processo de fundição em Moçambique.

Em termos socioeconómicos, é de extrema importância considerar a qualidade dos produtos, dado que esta empresa é uma das maiores importadoras desses produtos a nível nacional segundo o portal da Empresa e Sutton (2014), contribuindo desta forma para o crescimento da economia do país.

Portanto, quando não se cumpre com as expectativas do cliente, isso resulta em perdas económicas, altos custos operacionais e desperdício de recursos naturais não renováveis. Segundo Tocchetto (2005), a geração de resíduos representa perdas no processo, ineficiência produtiva e custos ambientais de gerenciamento. Assim, o estabelecimento de estratégias de prevenção alinha-se com os princípios de protecção ambiental e sustentabilidade.

A nível ambiental, este estudo contribuirá para a redução do resíduo (Al_3O_2) obtido durante o processo de produção, por meio de uma análise dos processos operacionais dos fornos na área de estudo. Isso permitirá compreender as principais razões da obtenção de maiores quantidades desse resíduo, contribuindo para práticas mais sustentáveis no processo de fundição de alumínio.

1.4. Objectivos

1.4.1. Geral

- Avaliar a eficiência e produtividade dos fornos da Empresa Midal Cables Lda, na Província de Maputo, e os seus impactos na qualidade dos produtos.

1.4.2. Específicos

- Analisar os principais indicadores relacionados com a produtividade e eficiência dos fornos da empresa em estudo;
- Determinar o índice de produtividade e eficiência dos fornos da empresa em estudo;
- Relacionar os principais parâmetros operacionais do forno com a qualidade do alumínio fundido e os impactos resultantes do processo de produção com a qualidade do produto;
- Identificar os impactos ambientais resultantes no processo de produção dos varrões do alumínio e propor medidas de mitigação.

1.5. Metodologia

Para alcançar os objectivos traçados no presente trabalho, a metodologia usada é dividida em cinco (5) etapas principais, nomeadamente:

Etapa 1: Pesquisa bibliográfica;

Etapa 2: Trabalho de campo;

Etapa 3: Trabalho laboratorial;

Etapa 4: Análise e Discussão dos resultados;

Etapa 5: Elaboração do relatório final.

1.5.2. Trabalho de Campo

Realizaram-se várias visitas à Empresa Midal Cables Lda no mês de Dezembro do ano de 2022, onde foram conduzidas diversas actividades. As acções foram concentradas na área dos fornos e processamento, bem como no laboratório da empresa, resultando na colecta de dados no local de estudo. As actividades compreenderam observações directas e entrevistas, com o objectivo de controlar o processo, verificar o cumprimento dos procedimentos operacionais em cada turno de trabalho e identificar os impactos gerados no processo de obtenção dos varões de alumínio. Além disso, foram colectados dados relativos à fundição para investigar sua influência no processo, bem como realizar análises laboratoriais. Ressalta-se que os dados foram colhidas durante cada turno de trabalho, das 6:30h às 18:30h.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foram utilizadas as seguintes ferramentas durante a fase do trabalho de campo:

- Uma câmera fotográfica para obter imagens dos pontos de observação na área de estudo;
- Bloco de notas e esferográfica para anotar informações relevantes ao trabalho;
- Equipamento de protecção individual (EPI), composto por capacete, máscara, luvas, colecte reflector e botas.

1.5.1. Pesquisa Bibliográfica

Consistiu na pesquisa bibliográfica sobre os principais factores que resultam em maiores quantidades de escória de alumínio e seus impactos na produtividade, eficiência e qualidade dos produtos. Para isso, foram consultadas várias bibliotecas da UEM, e realizadas pesquisas com o objectivo de obter informações por meio de livros, artigos científicos, monografias, teses de mestrado, projectos científicos e revistas digitais.

1.5.3. Trabalho laboratorial

As actividades foram conduzidas no laboratório do Departamento de Química da Faculdade de Ciências da UEM. O trabalho foi realizado seguindo as seguintes etapas: preparação da amostra de escória de alumínio e, posteriormente, a caracterização química da amostra.

1.5.4. Análise e Discussão dos resultados

Nesta etapa fez-se a compilação dos dados colhidos no campo com os da revisão da literatura com base nas fotografias, gráficos e medidas colectadas na MCL do alumínio recebido, quantidade dos produtos e escória produzida.

1.5.5. Elaboração do Relatório Final

Esta fase envolve a compilação de toda a informação obtida na pesquisa bibliográfica, bem como a informação proveniente do processamento, análise e discussão dos resultados. Também serão consideradas as orientações estabelecidas no Guião de Elaboração de Monografias e Dissertações da UEM para este tipo de trabalho, utilizando as bases da pesquisa bibliográfica com o objectivo de adquirir os fundamentos essenciais que justifiquem o desenvolvimento do estudo.

1.6. Estrutura do trabalho

O tema abordado neste trabalho envolve uma interligação de diferentes ramos da ciência, portanto, requer uma ampla base de conhecimentos para o seu desenvolvimento. Sendo assim:

Capítulo I: Engloba a estrutura, tratando de todas as generalidades do tema, onde se contextualiza o tema, identifica o problema, destaca a relevância do tema, apresenta os objectivos e descreve a metodologia empregada para a elaboração desta monografia.

Capítulo II: Concentra uma fundamentação teórica focada de um modo geral na Indústria Metalúrgica, apresentando uma abordagem geral sobre o Impacto Ambiental.

Capítulo III: Menciona as características gerais da área de estudo, incluindo a localização, descrição da empresa, clima predominante, solos, hidrografia e as principais operações unitárias para a obtenção dos cabos eléctricos.

Capítulo V: Apresenta os materiais utilizados e os procedimentos laboratoriais para a concepção desta monografia.

Capítulo VI: Apresenta os resultados, de acordo com o problema em estudo, sustentando-se com a informação anterior apresentada no capítulo da revisão da literatura, a fim de obter respostas aos objectivos da presente pesquisa.

Capítulo VII: Realiza as discussões dos resultados, bem como as conclusões e recomendações.

CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, foram abordados os principais conceitos teóricos que foram necessários para alicerçar a presente pesquisa.

2.1. Indústria

Na perspectiva de More (1998), indústria refere-se à transformação de matérias-primas em componentes intermediários ou produtos acabados por meios fundamentalmente mecânicos, dependentes de fontes inanimadas de energia.

Apesar de as fundições contribuírem para a reciclagem de sucatas metálicas, elas possuem alto potencial poluidor, gerando toneladas de resíduos mensalmente. O aproveitamento de resíduos por parte deste tipo de indústrias, principalmente oriundos de fontes não renováveis, torna-se um elemento estratégico para a competitividade e a sua permanência no mercado. A Tabela 1, apresenta os diferentes tipos de indústrias.

Tabela 1. Tipo de Indústria.

Tipo de Indústrias	Função
Indústria de Alimentos	Cozer Alimentos
Indústria Ceramista	Processamento de Barro
Indústria Videira	Processamento de Vidros
Indústria Metalúrgicas	Processamento de Metais

Fonte: Adaptado de (Peixoto e Aita, 2013).

2.2. Fornos

Conforme Tavares (2009), fornos são equipamentos destinados ao aquecimento de materiais com vários objectivos, nomeadamente: cozinhamento, fusão, calcinação, tratamento térmico, secagem, entre outros. Um forno é a estrutura dentro da qual é gerado calor por meio de transformação de energia e é geralmente construída ou revestida de material refractário, com controle de temperatura interna.

2.2.1. Partes principais de um forno

Na visão de Souza (2013), os fornos compõem-se basicamente de três partes: Estruturas, equipamentos auxiliares e chaminés.

2.2.1.1. Fornalhas

A fornalha é constituída pelas seguintes partes:

- i. **Estruturas:** Engloba todos os componentes necessários para a sustentação das serpentinas, refractários, além da parte estrutural propriamente dita;
- ii. **Equipamentos auxiliares:** Os principais equipamentos auxiliares são os queimadores, responsáveis por promover a mistura entre o combustível e o ar para a combustão ver Figura (1). Também incluem pré-aquecedores de ar, ventoinhas, sopradores, abafadores, instrumentos de controle de temperatura, medidores de tiragem, manómetros, entre outros.



Figura 1: Ilustração dos queimadores em funcionamento no TF₁.

Fonte: Autora (2024) .

iii. Chaminés

A chaminé, situada a jusante da seção de convecção, tem a finalidade de descarregar os gases de combustão para a atmosfera, onde podem ser rapidamente diluídos e promover a tiragem necessária para a boa operação do forno.

2.2.2. Fornos Industriais

Para Alves (2010), os fornos industriais são produzidos em diferentes modelos para atender às necessidades das indústrias, ou seja, para a produção de alimentos ou aquecimento de materiais.

2.2.2.1. Classificação dos fornos industriais

Para classificar os fornos industriais, consideram-se os seguintes critérios:

a) Quanto a geração de calor

O calor gerado nos fornos para atingir um nível desejado de temperatura no processo depende do sistema de combustão e do combustível utilizado. No caso de energia eléctrica, há conversão desta em calor. Os fornos eléctricos são normalmente utilizados onde há oferta de combustível para atender à necessidade de demanda (Júnior, 2007).

b) Quanto ao modo de operação

Afirma Júnior (2007), que os fornos, quanto ao modo de operação, podem ser:

- **Contínuos**

São considerados fornos contínuos aqueles nos quais a carga muda de posição passando pelo interior do forno. O transporte pode ocorrer de forma rotativa, como é o caso dos fornos de cimento, impulsionados por cilindros hidráulicos, ou com carros em trilho que se deslocam no interior dos fornos.

- **Batelada**

Estes fornos operam por batelada e têm sua temperatura fixada, com um patamar de operação que normalmente requer a abertura das portas para a manipulação do material em processamento. A movimentação da carga das peças ou carga pode ocorrer de forma manual ou mecânica, dependendo da utilização e da necessidade do processo.

c) Quanto ao tipo de carga

Essa característica relaciona o tipo de material a ser processado e a forma construtiva do forno. Os fornos podem ser projectados para fundir peças ou sucatas por aquecimento ou para tratamento térmico do material a ser processado. Dessa forma, o desenho do forno obedece às exigências do processo (Júnior, 2007).

2.3. Fundição

Nas ideias de Merkle (2018), a fundição é a conformação de um metal no estado líquido. Este processo consiste em aquecer o metal até que ele se transforme em um líquido homogêneo. Acrescenta Oliveira (2016), que este processo permite a fabricação de peças de grande variedade de formas, tamanhos e ligas. Na luz de Lima (2011), a classificação mais comum em relação aos processos de fundição é por tipo de molde utilizado, pois este influencia nas propriedades físicas do material que será fundido e, conseqüentemente, nas características de cada tipo de peça produzida.

2.3.1. Materiais de fundição

No pensamento de Maurício (2016), existe diferença entre a temperatura de fusão e a temperatura de vazamento.

A temperatura de fusão é aquela em que o metal sólido derrete, mas não é suficiente para verter o metal líquido na cavidade do molde, pois a essa temperatura o metal pode solidificar-se rapidamente após ser retirado do forno.

Deste modo, o metal fundido deve ser transferido do forno para o vazamento em um molde; por essa razão, ele deve atingir uma temperatura ideal para o vazamento, onde sua temperatura deve ser maior que a temperatura de fusão. Na Tabela (2), estão descritos os materiais usados na fundição.

Tabela 2: Matérias de Fundição.

Metal ou Liga	Temperatura de Fusão (° C)	Intervalo de Temperatura de Vazamento (°C)
Aço	1480	1600 – 1720
Níquel	1453	1500 – 1590
Ferro Fundido Cinzento	1370	1510 – 1590
Liga Cu-Ni	1175	1220 – 1280
Cobre	1083	1130 – 1200
Alumínio	660	700 – 760
Zinco	420	450 – 480
Chumbo	327	350 – 380

Fonte: Maurício (2016).

2.3.2. Tipos de Fornos de Fundição

A classificação dos fornos utilizados para a fusão de metais e suas ligas é obtida conforme o tipo de aquecimento empregado. Segundo Silva (2016), os fornos utilizados para a fundição podem ser divididos em dois grupos, nomeadamente:

- Fornos por aquecimento eléctrico;
- Fornos por aquecimento a combustível.

2.3.2.1. Fornos por aquecimento Eléctrico

Conforme Tavares (2009), os fornos por aquecimento eléctrico são aparelhos utilizados para se obter a temperatura desejada da carga, por meio de energia térmica produzida pela energia eléctrica. Para Matte *et al.*, (2018), são considerados fornos por aquecimento eléctrico os fornos descritos na Tabela (3).

Tabela 3: Tipos de fornos eléctricos.

Tipo de fornos	Matéria-prima usada	Finalidades
Forno eléctrico a arco	Matérias ferrosas e não ferrosas	Produção de qualquer tipo de aço
Forno de indução	Todas matérias condutoras de electricidade e qualquer tipo de metal.	Produção de Ligas metálicas
Forno de resistência eléctrica	Ligas de alumínio ou outras não-ferrosas de baixo ponto de fusão.	Produção de Ligas e tratamento térmico de matérias.

Fonte: Adaptado de (Lameu e Brito, 2011).

a) Forno eléctrico a arco (FEA)

Os FEA caracterizam-se por operarem através da utilização de arco voltaico para fundir a carga metálica que está contida dentro de um reservatório isolado termicamente por material refractário. A formação do arco é dada através do rompimento de um dieléctrico, geralmente ar, presente entre os dois condutores que apresentam uma diferença de potencial, gerando assim uma descarga eléctrica que é a passagem de corrente eléctrica, e esse fenómeno ocorre entre os eléctrodos (Matte *et al.*, 2018). As principais características desse forno estão descritas na Tabela 4 e a Figura 2 apresenta suas principais componentes.

Tabela 4: Características do FEA.

	Características
FEA	Capacidade nominal de 6000 kg Capacidade efectiva de 5000 kg Diâmetro dos eléctrodos é de 8 polegadas. A refrigeração é feita com água a vazão de 20m ³ /h pressão de 3 kg/cm ² . Potência aparente 2760 kW a uma carga de 7600 A.

Fonte: Adaptado de (Oliveira, 2013).

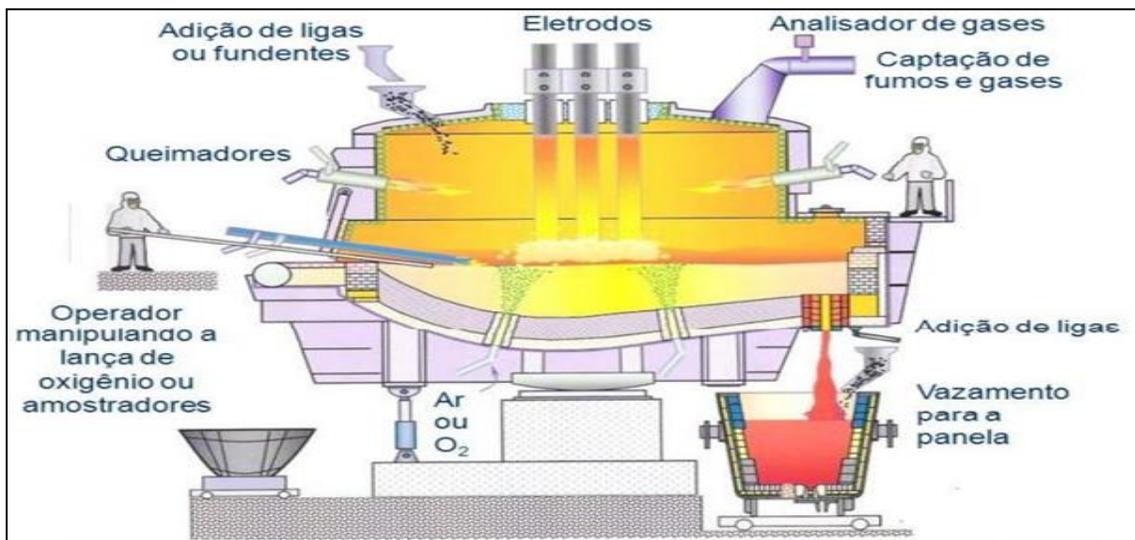


Figura 2: Representação do FEA.

Fonte: Junior (2016).

2.3.2.2 Fornos por aquecimento a Combustível

Os fornos a combustível são os mais utilizados, e sua classificação está baseada no relacionamento entre o combustível, o produto da combustão e o material (Tabela 5).

Tabela 5: Tipos de fornos à combustíveis.

Classificação	Tipo de forno	Modo de fusão	Aplicação
Quanto ao material e combustível na mesma câmara	Alto-forno	Coque, óleo	Produtor de ferro gusa
	<i>Cubilot</i>	Coque, óleo	Produtor de ferro fundido e aços
Material e combustível em câmara separadas e os gases de combustão não têm contacto com o material	Muflas	Electricidade	Tratamento térmico de metais.
	Cadinhos	Óleo, gás ou mistura de ambos.	Fusão de metais e ligas

Fonte: Adaptado de (Vianna, 2012).

- **Forno *cubilot***

Na visão dos autores Matte *et al.*, (2018), são equipamentos mais utilizados em fundições pela sua produtividade, versatilidade e pelo baixo custo de implantação. Em ordem de complexidade, ele é o segundo equipamento de fusão mais popular, possui um sistema simples e económico para fundir gusa e sucata de ferro, sendo essencialmente um forno vertical cercado por aço e revestido por material refractário, conforme mostra a Figura 3.

Conforme Montagna (2018), este forno distingue-se dos demais fornos por ser utilizado somente em fundições de ferro fundido. Por outro lado, Soares (2000), salienta que existem três regiões dentro do forno a considerar:

- a. **Zona de combustão:** Região onde ocorre a oxidação do coque ou elementos como silício e manganês que provocam o superaquecimento do banho;

- b. **Zona de redução:** Região destinada à fusão do metal;
- c. **Zona de pré-aquecimento:** Região destinada ao aquecimento da carga metálica.

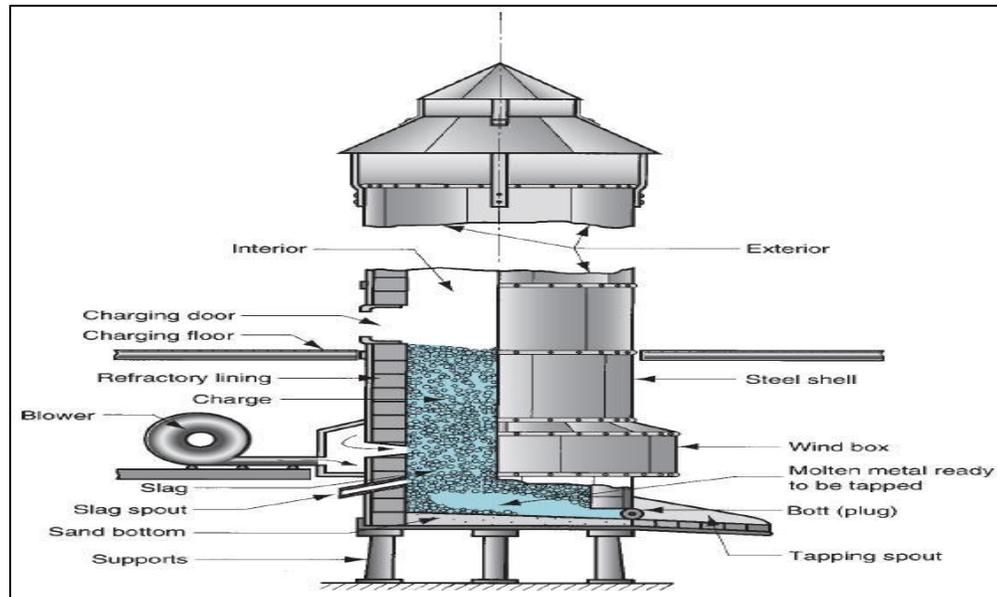


Figura 3: Representação do forno *Cubilot*.

Fonte: Matte *et al.*, (2018).

Os fornos em estudo são o "*Holding Furnace*" e o "*Tilting Furnace*". Ambos são equipamentos de fundição a combustível, e suas descrições foram feitas no Capítulo III.

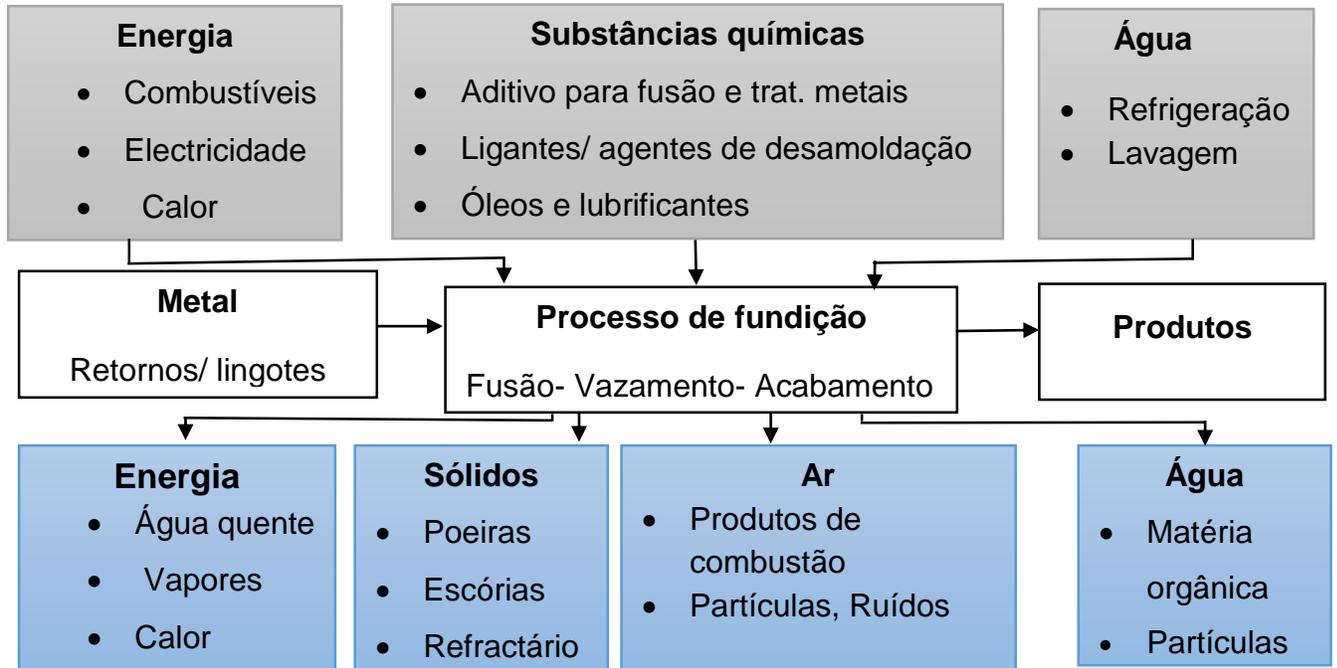
2.4. Impacto Ambiental

Na perspectiva de Sanchez (1999), impacto ambiental é o conjunto de ações que provocam a eliminação de um elemento do meio ambiente ou ainda a introdução de quantidade de factores maiores que a capacidade de suporte. Enquanto Santos (2019), considera impacto ambiental como a mudança das características ambientais de uma área, resultantes de actividades antrópicas num determinado período.

2.4.1. Impacto ambiental na fundição

Na óptica de Bergamo (2012), a indústria de fundição caracteriza-se como aquela em que há produção e processamento de peças fundidas como ferro, alumínio, aço e ligas não-ferrosas, entre outros.

Os impactos que advêm desse sector incluem emissão de gases, material particulado, alteração na qualidade do ar, risco à saúde e esgotamento de recursos naturais. O Fluxograma 1, apresenta o fluxo de entrada e saída numa indústria de fundição.



Fluxograma 1: Fluxos de entrada e saída no processo de fundição.

Fonte: Adaptado de (Dias, 2013).

2.5. Resíduos

Em Moçambique, de acordo com o Decreto nº. 94/2014 de 31 de Dezembro, os resíduos são substâncias ou objectos que se eliminam, que se tem a intenção de eliminar ou que é obrigado por lei a eliminar, também designados por lixo.

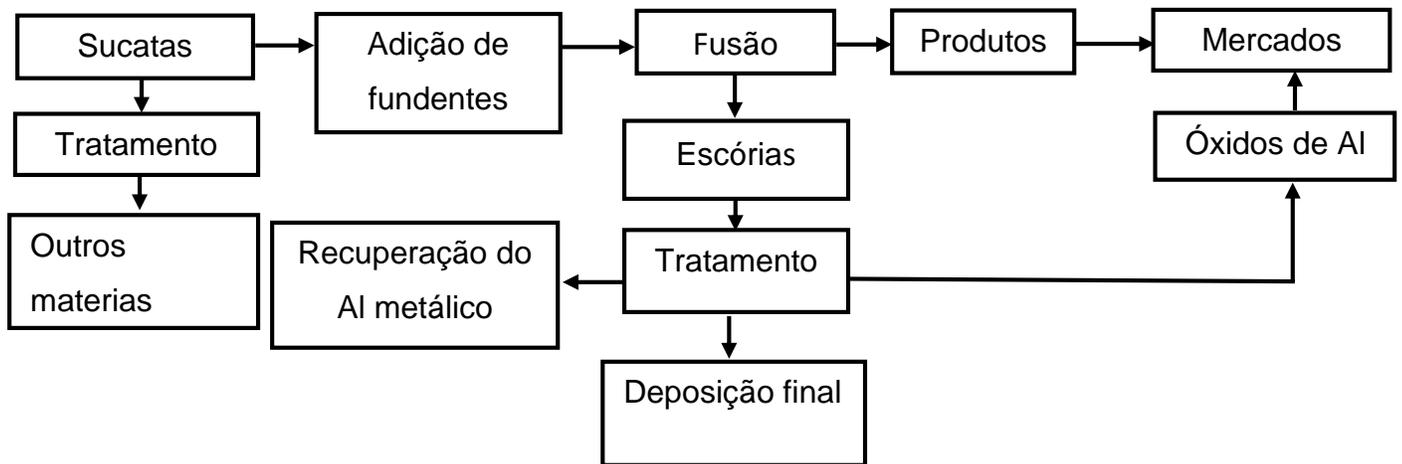
2.5.1. Classificação dos Resíduos

A norma moçambicana referente à Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos classifica os resíduos quanto aos seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Classifica os resíduos em duas classes (I e II), nomeadamente, os perigosos e não perigosos.

- **Classe I - Perigosos:** São aqueles que possuem características de risco, sendo inflamáveis, explosivos, corrosivos, tóxicos, infecciosos ou radioactivos. Apresentam qualquer outra característica que constitua perigo para a vida, saúde humana, outros seres vivos e para a qualidade do meio ambiente (Decreto nº. 13/2006 de 15 de Junho).
- **Classe II - Não Perigosos:** São aqueles que não contém, ou seja, não possuem características de risco (Decreto nº.13/2006 de 15 de Junho), que de acordo com Silva (2013), estes subdividem-se em:
 - **Resíduos não inertes:** Não apresentam periculosidade, mas também não são inertes. Podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, sendo essencialmente resíduos com características semelhantes ao lixo doméstico.
 - **Resíduos inertes:** Ao serem submetidos aos testes de solubilização, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores da água. Isso faz com que a água permaneça potável quando em contacto com o resíduo.

2.5.2. Escória do alumínio

Conforme Diniz & Oliveira (2009), a escória de alumínio é considerada um resíduo industrial de classe I. Isso se deve aos efeitos adversos que o alumínio pode causar no organismo humano, indo desde anemia por deficiência de ferro até intoxicação crónica. Os metais classificados nesse grupo devem ser tratados de forma apropriada e destinados a locais específicos. O Fluxograma 2, representa de forma resumida a obtenção de escória (óxidos de alumínio).



Fluxograma 2: Fluxo de operação industrial do alumínio secundário.

Fonte: Adaptado de (Torres, 2010).

2.6. Eficiência produtiva

A eficiência de um sistema pode ser definida como sendo a capacidade desse sistema de utilizar da melhor maneira possível os recursos disponíveis e de aproveitar o máximo as condições ambientais para obter desempenho óptimo (Almeida *et al.*, 2006). A Figura 4, apresenta o fluxo do processo produtivo.



Figura 4: Fluxo do processo produtivo.

Fonte: Almeida *et al.*, (2006).

2.7. Eficiência Energética

A eficiência energética deve ser continuamente aprimorada em qualquer organização, pois isso não apenas contribui positivamente para o meio ambiente, mas também reduz os custos operacionais nas empresas de fundição (Correia, 2016). O Gráfico 1, ilustra percentualmente a distribuição típica do consumo de energia eléctrica em uma fundição.

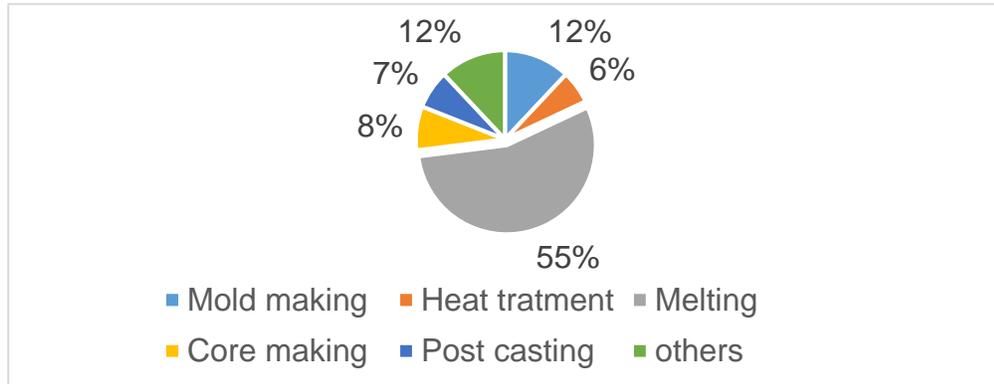


Gráfico 1: Diagrama de distribuição do consumo de energia eléctrica numa fundição.

Fonte: Adaptado de (Correia, 2016).

2.8. Indicador de Eficiência global de Equipamentos (OEE)

O OEE (*Overall Equipment Efficiency*) ou IPA (Índice de Performance de Activos) é um indicador que mede o desempenho dos equipamentos nas organizações. De acordo com Dermachi (2007), o objectivo desse indicador é verificar a eficiência global dos equipamentos, medindo a eficiência da utilização do activo ao comparar a produção boa realizada com a produção teórica possível em um determinado período.

A medição desse indicador envolve três factores importantes: disponibilidade, rendimento e qualidade, conforme destacado por (Cruz, 2009). A Tabela 6, evidencia as principais perdas relacionadas com cada índice.

Tabela 6: Principais perdas relacionadas com o *OEE*.

Perdas de disponibilidade	Perdas de rendimento	Perdas de qualidade
<ul style="list-style-type: none"> • Avarias • Mudanças do produto • Troca de ferramentas • Falta de matéria-prima 	<ul style="list-style-type: none"> • Microparagens • Arranques • Queda de velocidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Rejeição • Erro do operador • Configurações incorrectas
Valor aceitável		
Superior a 90 %	Superior a 95 %	Superior a 99 %

Fonte: Adaptada de (Texeira, 2014).

Além das perdas supracitadas, existem perdas relacionadas com o tempo que são de extrema importância para o cálculo do *OEE*, as quais são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Tempo utilizado para o cálculo do *OEE*.

Tempo Total Disponível	
Tempo de produção planeado	Paragens planeadas
Tempo operacional	Perdas de disponibilidade
Tempo operacional líquido	Perdas de rendimento
Produção não defeituosa	Perdas de qualidade

Fonte: Adaptada de (Texeira, 2014).

3.2. Midal Cables Lda

A Midal Cables iniciou suas operações no final de 2014, com a produção comercial começando em 2015. Como fornecedora global, a empresa possui contratos de fornecimento preferencial garantidos com clientes na Europa, África do Sul e Oriental, Ásia e EUA.

A capacidade de produção da Midal Cables é de 50.000 toneladas/ano para hastes, 24.000 toneladas/ano para condutores, e uma capacidade diária de 100 córregos. A empresa tem experiência em linhas de transmissão de até 400 kV em todo o mundo. Com uma equipe de 300 funcionários distribuídos em vários sectores (conforme mostrado no Fluxograma 3), a Midal Cables conta com escritórios, refeitório, banheiros, estacionamentos e armazéns para produtos acabados e matéria-prima. A empresa possui 20 veículos dedicados ao transporte de materiais, além de uma área designada para a circulação de empilhadeiras.



Fluxograma 3: Estrutura Administrativa da Empresa Midal Cables Lda.

Fonte: Adaptado pela (Autora, 2024).

O sector de produção da Midal Cables está dividido em dois segmentos: *casting* (fundição) e *stranding* (trefilação). Este sector conta com 50 trabalhadores distribuídos em turnos. O foco do estudo está na área de casting, que possui 28 funcionários. Esses funcionários são distribuídos em quatro turnos de trabalho, e cada turno é composto por 7 elementos, conforme detalhado no Apêndice 6.

3.3. Operações unitárias envolvidas no processo de produção dos cabos eléctricos

3.3.1. Linha 1 (*Casting*), Produção dos cabos eléctricos (varrões de alumínio)

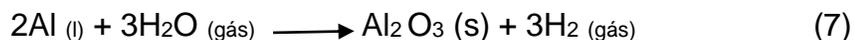
As operações unitárias envolvidas no processo de produção dos cabos eléctricos são:

- **Refundição**

A matéria-prima utilizada na Midal Cables é fornecida pela Empresa Mozal no estado líquido, com uma temperatura variando entre 800 a 900 °C. Antes de iniciar o processo de produção, a matéria-prima passa por um controle de qualidade, cujo objectivo é verificar a percentagem de alumínio admissível pela empresa na amostra. Os limites mínimos e máximos para essa percentagem podem ser encontrados no Anexo 6. O material é transportado em painéis metálicas chamadas Ladle, com diferentes pesos. Após o controle de qualidade, o material é carregado no forno primário, conforme mostrado na Figura (a). Este forno tem uma capacidade de 55 toneladas e desempenha duas funções principais: conservação da temperatura e refundição. A carga do material nesse forno é realizada com o auxílio de uma grua.

As reacções que provavelmente ocorrem nessa fase estão descritas nas equações (7 e 8), conforme abordado por Campos (2011).

i. Alumínio mais atmosfera:



- **Moldagem**

Posteriormente, a matéria-prima é transferida para o forno secundário, conforme representado na Figura (b). Nesse ponto, por meio dos *ladlers*, apresentados na Figura (c), são adicionados os fundentes, e inicia-se o processo de desgaseificação utilizando nitrogénio atmosférico. A equação (9) representa a reacção entre o alumínio e o nitrogénio, conforme descrito por Shinzato (1999).



E, por sua vez, os nitretos formados reagem com a umidade do ambiente, gerando amónia, conforme indicado pela equação (10), de acordo com a abordagem de Gomes (2013).



Em seguida, o operador responsável pela transferência do metal em serviço colecta uma amostra para análise laboratorial, com o objectivo de verificar a composição química dos elementos presentes na amostra e a quantidade de massa dos fundentes a serem adicionados. Após a aprovação das análises laboratoriais, o metal é transferido para o *Casting Will* através dos *launders*. O *Casting Will*, representado na Figura (d), é composto por dois moldes chamados Tundash. Esses moldes têm a função de receber o metal, rejeitar as impurezas e o metal frio. Além disso, o *Spont* tem a finalidade de alimentar o *Will*, e nesse processo obtém-se a barra de alumínio.

- **Auto Cisalhamento**

A barra obtida no processo anterior é conduzida através do *Main Shear*, como ilustrado na Figura (e), onde passa pelo processo de uniformização de barras. Esse estágio envolve a utilização do *Main Shear* para realizar o corte da barra de alumínio após as interrupções no processo produtivo.

- **Tratamento térmico (Homogeneização)**

A barra obtida no *Casting Will* passa por um processo de resfriamento com água, conforme representado na Figura (f). Posteriormente, é encaminhada para a máquina de *Induction Heater*, onde ocorre o aquecimento com o objectivo de preparar a barra para o próximo estágio. É importante observar que esse processo ocorre apenas quando há produção de liga metálica (*Alloy*). Para outros tipos de produção, a barra passa por um processo de resfriamento, como mostrado na Figura (g).

- **Extrusão**

O processo de extrusão é dividido em duas etapas: extrusão primária e secundária. Na extrusão primária, a barra de alumínio passa por 4 stands de diferentes diâmetros com o objectivo de reduzir o diâmetro da barra obtida no processo anterior.

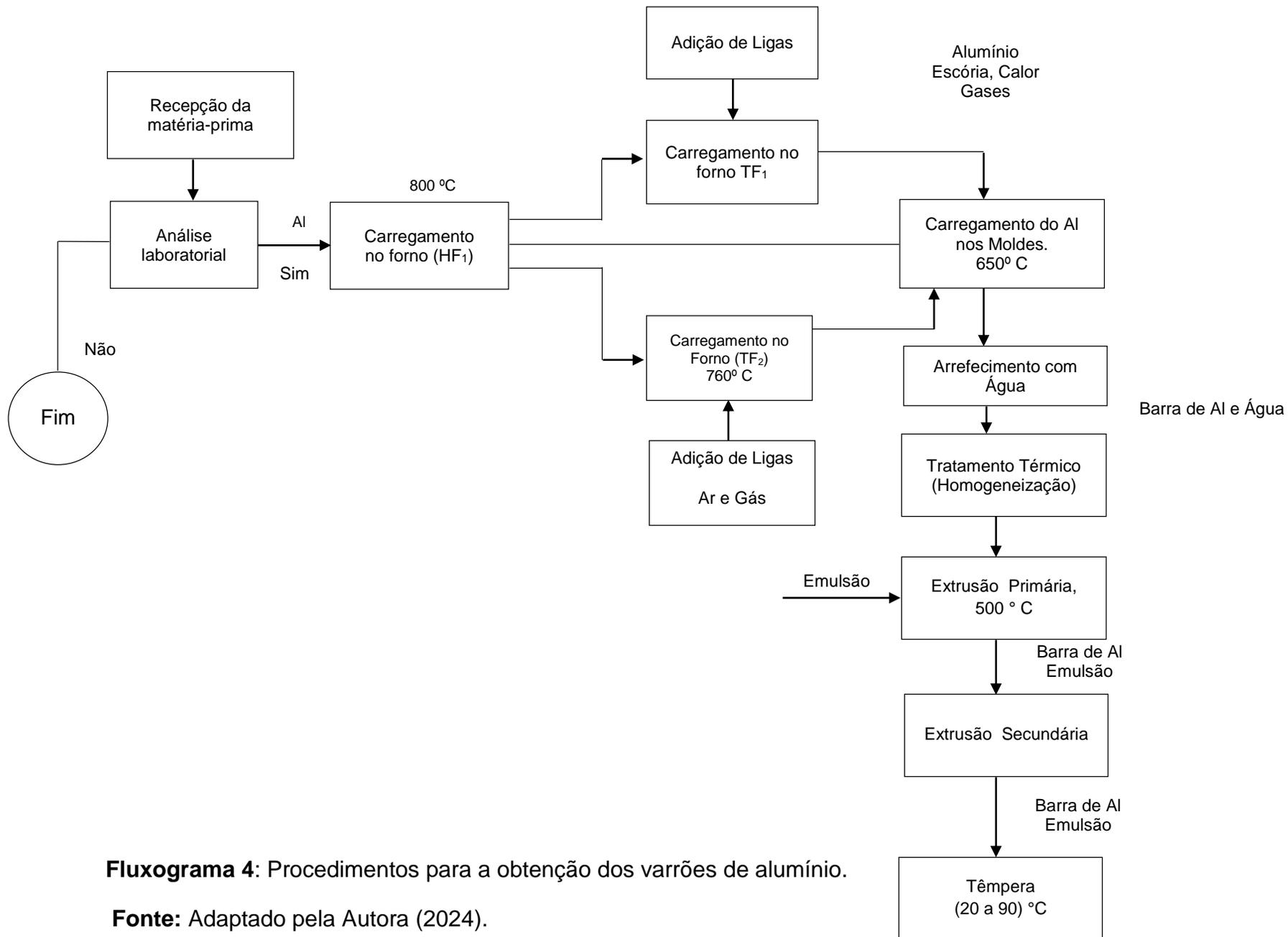
Para facilitar esse processo, a barra é resfriada por uma mistura de óleo e água (emulsão). Nesta etapa, a barra adquire um formato semiquadrado, com o diâmetro ainda não desejado. Em seguida, a barra segue para o processo de extrusão secundária, conforme representado na Figura (h). Nessa fase, a barra passa por 10 stands, sofrendo redução de diâmetro e alteração do formato obtido na etapa anterior, até atingir o diâmetro exigido pelo cliente.

- **Têmpera**

Após a obtenção da barra desejada, ela passa pela máquina de *Quenching*, onde é submetida a um resfriamento rápido com o objectivo de alcançar propriedades mecânicas adequadas e ideais para o uso. Em seguida, o varão é encaminhado para a *OTT*, onde é enrolado e transportado até o armazenamento. Posteriormente, o produto acabado é submetido a um controle de qualidade para verificar se atende às especificações do cliente. A Figura 6 e o Fluxograma 4 representam o processo produtivo para a obtenção dos varões de alumínio.



Figura 6: Principais equipamentos usados para a obtenção do varrão do alumínio.
Fonte: A autora (2024).



Fluxograma 4: Procedimentos para a obtenção dos varrões de alumínio.

Fonte: Adaptado pela Autora (2024).

3.3.2. Apresentação e Descrição dos fornos de fundição do alumínio

Os resultados apresentados foram obtidos através da revisão documental dos manuais de operações e observação directa. A área do *casting* é composta por 3 fornos respectivamente do HF₁, TF₁ e TF₂. No presente relatório fez-se apenas a descrição dos HF₁ e TF₁.

3.3.2.1. *Holding Furnace* (HF₁)

O HF₁ é feito de construção muito pesada de acordo com a exigência de um forno de fusão de alumínio para uso em fundição pesada. É feita de chapas do tipo M.S pesadas de qualidade comercial totalmente soldadas, construção de pelo menos 12 mm de espessura. A estrutura do tecto é feita de qualidade testada 12 mm M.S, como ilustra a Figura 7.



Figura 7: Representação do *Holding Furnace* (HF₁).

Fonte: Autora (2024).

É considerado forno de espera e refundição que é utilizado para fundir o lingote sólido ou de alumínio e manter o alumínio fundido na temperatura desejada para que possa alimentar o sistema de produção contínua de fio-máquina. Tem a capacidade de 55 toneladas e apresenta 4 queimadores. Ele é projectado de tal forma que pode carregar uma grande quantidade de metal de uma só vez, pode ser metal sólido ou metal fundido líquido.

Outro ponto a ser considerado é o princípio de funcionamento conhecido como regenerativo dentro da fornalha para reaquecer o ar frio proveniente do soprador de ar de combustão. Este forno é equipado com todos os instrumentos necessários para controlar o factor de gás e ar do sistema. O metal fundido será despejado no forno de fusão com sua respectiva calha de carregamento por cadinho quente.

- **Características gerais do *Holding Furnace (HF₁)***

As características principais destes fornos encontram se descritas na Tabela 8.

Tabela 8: Características gerais do *Holding Furnace (HF₁)*.

Descrição	
Tipo de forno	Forno de armazenamento e refundição
Material de carga	Sólido e alumínio fundido
Capacidade	55 Toneladas
Tipo de combustível	Gás natural comprimido
Modo de carregamento	Pela calha de carregamento para fundidos e pela porta principal para lingotes sólidos
Valor calorífico	10000 a 10300 kcal
Temperatura máxima da carga	700 – 800 ° C
Altura	4.2m
Número de queimadores	4
Capacidade dos queimadores	4289 Kw
Comprimento	8m
Largura	6.5m
Peso	120 toneladas

Fonte: Manual de operação, adaptado pela autora (2024).

3.3.2.2. *Tilting Furnace* (TF₁)

O TF₁ é feito de construção muito pesada de acordo com a exigência de um forno de fusão de alumínio para uso em fundição pesada, é feita de chapas do tipo M.S pesadas de qualidade comercial totalmente soldadas. A Figura 8, ilustra de forma representativa o TF₁.



Figura 8: Representação do *Tilting Furnace* (TF₁).

Fonte: Autora (2024).

Este forno é usado para manter e alimentar o alumínio fundido para a linha de fundição para a produção contínua de fio máquina. É um forno do tipo basculante completo com os respectivos acessórios para operar o forno e apresenta uma capacidade de 25 toneladas. É considerado forno de espera e esta projectada de forma que se possa preparar o banho de liga e possui uma porta usada para escumação e limpeza do forno, o movimento da porta é controlado por cilindros hidráulicos. A tabela (9) ilustra as características gerais do TF₁.

- **Características gerais do *Tilting Furnace* (TF₁)**

Os fornos de fundição devido ao tipo de carga processada e a quantidade do material, necessitam de um certo tipo de características técnicas e operacionais. A tabela 9, apresenta algumas características dos fornos de inclinação.

Tabela 9: Características gerais do *Tilting Furnace* (TF₁).

Descrição	
Tipo de Forno	Forno circular de inclinação
Material de carga	Alumínio fundido
Capacidade	25 Toneladas
Modo de carregamento	Através do <i>lauder</i> do forno de fusão
Valor calorífico	10000 à 10625 kcal / SCA
Temperatura do forno	1050 ° C max.
Formas de aquecimento	Gás natural comprimido
Número de Queimadores	4
Capacidade dos queimadores	450 Kw
Temperatura máxima da carga	700 –760 °C
Comprimento	7.6m
Largura	3.9m
Peso	30 Toneladas

Fonte: adaptado pela autora (2024), dados recolhidos na empresa.

3.4. Princípio de funcionamento dos fornos HF₁ e TF'S

Para iniciar o processo de combustão no HF₁, é necessário a combinação de Ar e gás natural. O ar passa por dois estágios, primário e secundário. O Ar primário é capturado da atmosfera através dos sopradores e mistura-se com o gás natural nos queimadores em funcionamento. Estes queimadores operam de forma intercalada (2 a 2). O ar secundário é reaproveitado dos gases de exaustão, que é capturado pelos queimadores que não estão em funcionamento. Com o auxílio dos sopradores, o ar é arrefecido e, em seguida, depois de atingir a temperatura ideal, a carga é adicionada no forno.

Nos TF's (Tanques de Fusão), o processo inicia colocando os queimadores em funcionamento até que as paredes absorvam o calor. Após aproximadamente 3 horas com baixa chama, aumenta-se a pressão dos queimadores para obter a temperatura ideal para receber o metal.

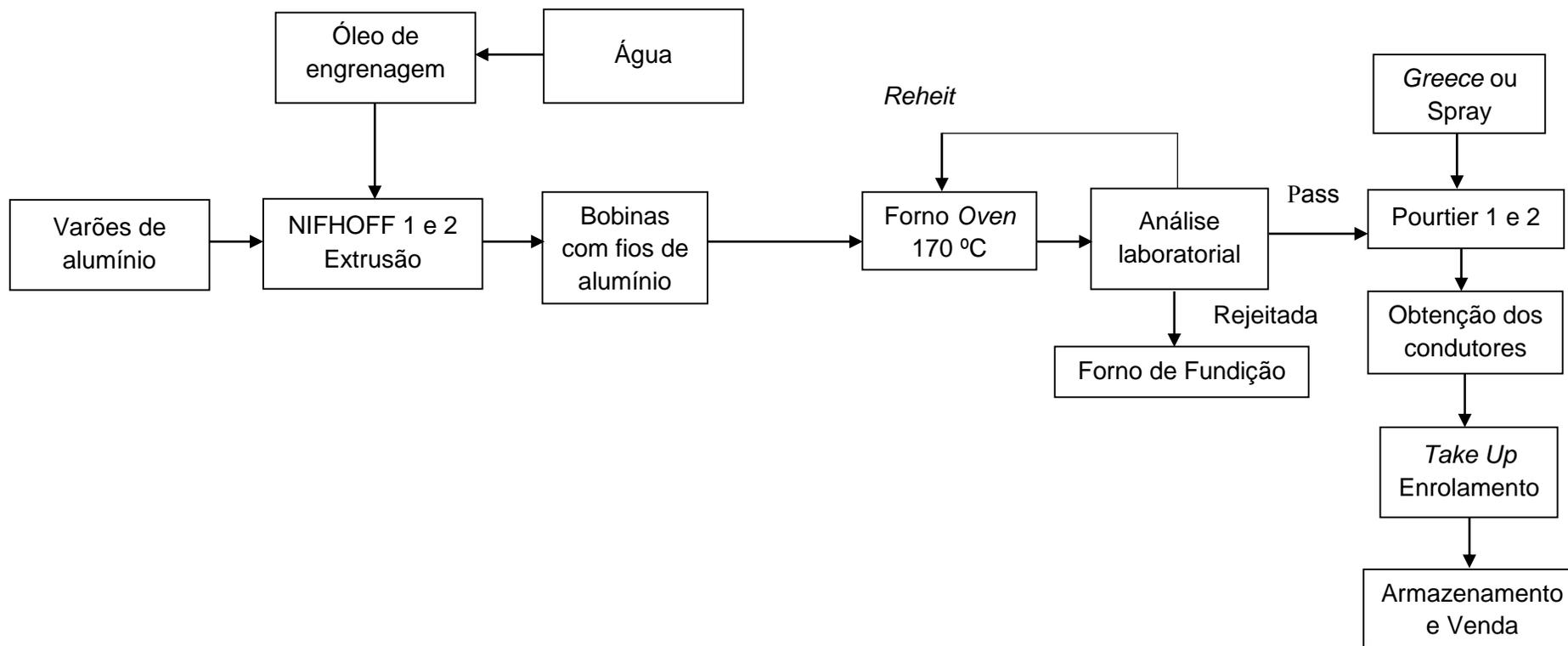
3.4.1. Linha 2 (*Nifhoff*), produção de fios

Os varões obtidos no casting são inseridos no *Poff* para serem desenrolados, passando em seguida para as máquinas *Nifhoff* 1 e 2, onde são submetidos ao processo de trefilagem. Para facilitar esse processo, é utilizado óleo de engrenagem. O *spuller* é empregado para auxiliar o carregamento do fio durante o enchimento das bobinas. Após o enchimento das bobinas com fios e atingirem o peso e comprimento desejados, elas são encaminhadas para o forno *oven* para serem aquecidas e atingirem a temperatura desejada, se for uma produção de *Alloy*. Em seguida, é colhida uma amostra para a realização de ensaios laboratoriais, a fim de verificar se atende às exigências do cliente. Caso o laboratório rejeite a bobina, ela retorna para o processamento.

3.4.2. Linha 3 (*Pourtier*), produção de condutores

O processo inicia com a colocação da bobina *center*, que comanda o processo. Esta máquina é composta por quatro seções, descritas a seguir:

- A. **Primeira secção:** Possui capacidade para encher 6 bobinas e inclui a adição de *greases* e *spray*, dependendo do tipo de produção;
- B. **Segunda secção:** Com capacidade para encher 12 bobinas *pass*, nesta fase não ocorre a aplicação de *greases* e *spray*;
- C. **Terceira secção:** Capacidade para encher 18 bobinas *pass*, com a necessidade de aplicar *greases* ou *spray*;
- D. **Quarta secção:** Tem a capacidade de encher 24 bobinas, sem a aplicação de *greases* para evitar danos ao cabo. Em seguida, o cabo pronto passa por um esticador e pelo *Take Up*, onde os *Coilers* são cheios ou enrolados em bobinas. Posteriormente, o cabo passa por análises laboratoriais e é armazenado conforme representado no Fluxograma (5). Esse fluxograma ilustra o processo produtivo para a obtenção dos condutores eléctricos.



Fluxograma 5: Processo produtivo da obtenção dos conductores eléctricos.

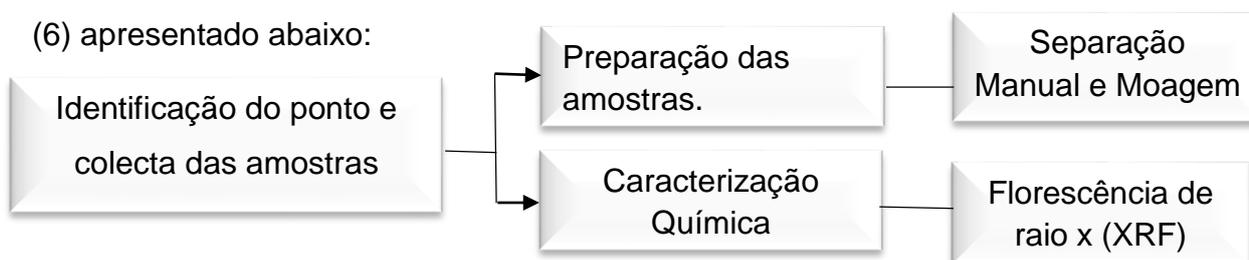
Fonte: Adaptado pela Autora (2024).

CAPÍTULO IV: MATERIAS E MÉTODOS

Neste capítulo, descreveu-se os procedimentos metodológicos que foram usados para o alcance dos objectivos traçados, onde contém de forma detalhada os procedimentos laboratoriais, bem como as fórmulas empregues para a obtenção da produtividade, eficiência, o índice de eficiência global dos equipamentos e o balanço de massa.

4.1. Métodos

Os procedimentos que foram descritos neste subcapítulo, obedeceram ao Fluxograma (6) apresentado abaixo:



Fluxograma 6: Procedimentos laboratoriais para a obtenção da composição química da escória do alumínio.

Fonte: Adaptado pela Autora (2024).

4.1.1. Identificação do ponto e colecta das amostras

Para o desenvolvimento do trabalho foi colectada a escória do alumínio na empresa Midal Cables na cidade de Maputo. As amostras foram colectadas em dois fornos, TF₁ e TF₂ como mostra a Figura 9. Em seguida as amostras passaram por um esfriamento até atingirem a temperatura ambiente e embaladas em caixa do tipo papelão e encaminhadas para o laboratório do Departamento de química de UEM.



Figura 9: Representação dos pontos de recolha, 1- recolha da amostra no forno TF₁, 2- recolha da amostra no forno TF₂.

Fonte: Autora (2024),

4.1.2. Preparação das amostras

Para a preparação das amostras de escória de alumínio usadas neste trabalho foi necessário que as mesmas passassem por um processo de separação manual e moagem.

4.1.2.1. Separação Manual e Moagem

O processo de separação manual consistiu em retirar partículas com diâmetros superiores. A Moagem, segundo Matos (2021), é realizado com o intuito de obter partículas menores de modo a possibilitar a compactação do material. Essa operação realizou-se com o auxílio de um almofariz de porcelana e em seguida as amostras foram colocadas em porta-amostra conforme ilustra a Figura 10.

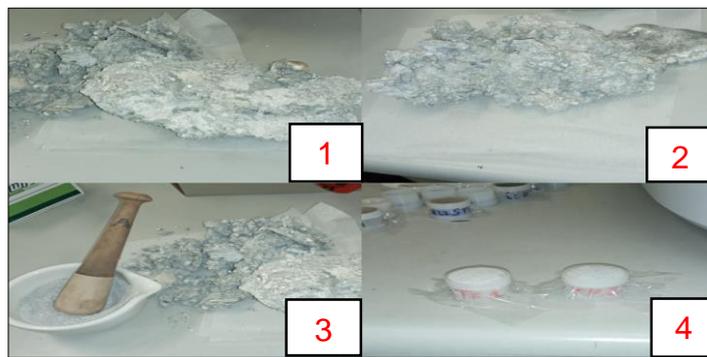


Figura 10: Preparação das amostras de escória de Alumínio.

Fonte: Autora (2024), 1- amostra TF₁, 2- amostra TF₂, 3- Moagem, 4- amostra de escória em porta-amostras.

4.2. Caracterização Química

Para a caracterização química das amostras de escória de alumínio recorreu-se a técnica de fluorescência de raio x (XRF) que é uma técnica analítica de identificação e quantificação da composição elementar de uma amostra. Através dessa técnica realizada em um equipamento de marca *Shimadzu EDX-7000*, a amostra foi analisada sob forma de pó e consistiu em demonstrar de forma qualitativa os valores percentuais das concentrações dos elementos químicos presentes na escória do alumínio conforme mostra a Figura 11.

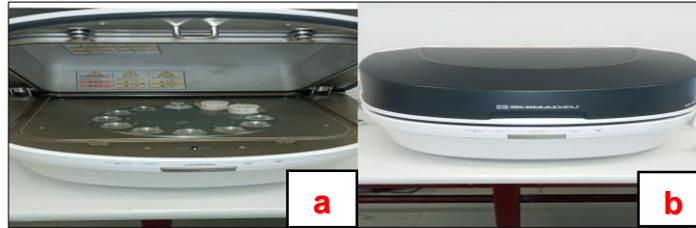


Figura 11: Preparação das amostras para a caracterização química por XRF, a- amostra de escória de Al, b-amostras no processo de leitura.

Fonte: Autora (2024).

4.3. Produtividade do forno

A produtividade pode ser definida como sendo a relação entre os *outputs* (saídas) num determinado tempo (Mariano, 2014) . Ela pode ser determinada pela equação (11).

$$\textit{Produtividade} = \frac{\textit{Quantidade produzida}}{\textit{tempo}} \quad (11)$$

4.4. Eficiência produtiva

Segundo Mariano (2014), eficiência de um sistema pode ser definida como sendo a capacidade desse sistema de utilizar, da melhor maneira possível, os recursos disponíveis e de aproveitar, ao máximo, as condições ambientais para obter o desempenho óptimo em algumas dimensões. Segundo Araújo *et al.*, (2018), a eficiência pode ser determinada pela equação (12):

$$\textit{Eficiência Produtiva} = \frac{\textit{Quantidade Real produzida}}{\textit{Quantidade Esperada}} \times 100 (\%) \quad (12)$$

4.5. Balanço de massa

O presente balanço tem como objectivo dar a conhecer o caudal mássico da escória produzida em cada dia de trabalho. As únicas variáveis conhecidas neste balanço são, a quantidade da matéria-prima, produtos que foram obtidos através da análise documental da empresa. Na Figura 12, está presente o esquema representativo das correntes envolvidas no forno.

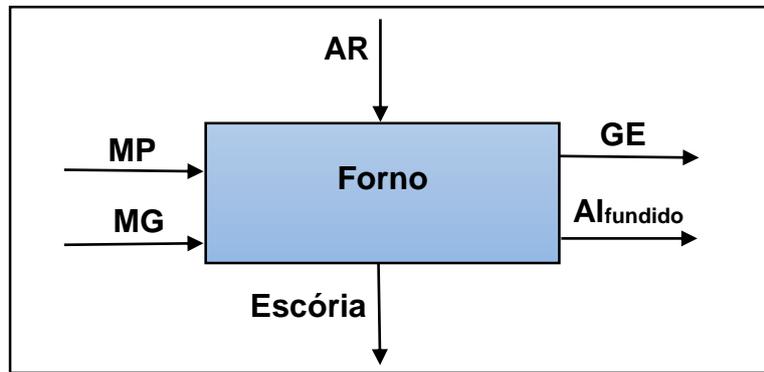


Figura 12: Representação esquemática das correntes do balanço de massa.

Fonte: Autora (2024).

Onde:

MP- matéria-prima, **MG** - caudal mássico do gás natural, **GE** - gases de exaustão

A partir do esquema da Figura 12, para o balanço geral de massa para as correntes sólidas Eq (13):

$$\text{Quantidade da massa que entra} = \text{Quantidade da massa que sai} \quad (13)$$

$$\text{massa da matéria-prima} = \text{massa do Al fundido} + \text{massa da escória} \quad (14)$$

4.6. Indicador global de Eficiência de equipamentos (OEE)

A determinação do OEE tem como objectivo determinar o nível de eficiência do equipamento usado na obtenção dos varrões de alumínio, e considera-se a equação (15):

$$\text{OEE} = \text{ID} \times \text{IR} \times \text{IQ} (\%) \quad (15)$$

Onde: ID- Índice de disponibilidade, IE- Índice de rendimento, IQ- Índice de qualidade.

CAPÍTULO V: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados e sua respectiva discussão dos dados sobre a avaliação da produtividade e eficiência dos fornos e são identificados os principais impactos ambientais resultantes do processo. Os dados apresentados a seguir foram obtidos com base em observações no terreno e cálculos.

5.1. Análise dos indicadores relacionados com a produtividade e eficiência do forno da Empresa Midal Cables Lda

Neste subcapítulo será feita a apresentação e discussão dos resultados referentes aos parâmetros analisados na área do estudo.

5.1.1. Principais parâmetros analisados

Os principais parâmetros analisados no presente estudo durante o período de monitoria estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Principais parâmetros analisados.

Temperatura de carregamento, descarga dos fornos e tempo de funcionamento.	Produtividade, eficiência e o indicador global de eficiência dos equipamentos.
Quantidade da escória formada	Impactos na qualidade dos produtos
Consumo do gás	Impactos ambientais resultantes do processo.

5.2. Análise da Temperatura de carregamento e descarga do TF₁ e TF₂

Neste subcapítulo será feita a apresentação e discussão dos resultados referentes a temperatura de carregamento, descarga e tempo de funcionamento dos fornos em análise.

5.2.1. Monitorização I e II da temperatura de carregamento e descarga do TF's

As temperaturas de carregamento e de descargas do forno (visualizados nos painéis de controlo), foram registados e calculados os valores médios (Apêndices 11). O Gráfico 2, apresenta a variação da temperatura de carregamento e descarga do forno.

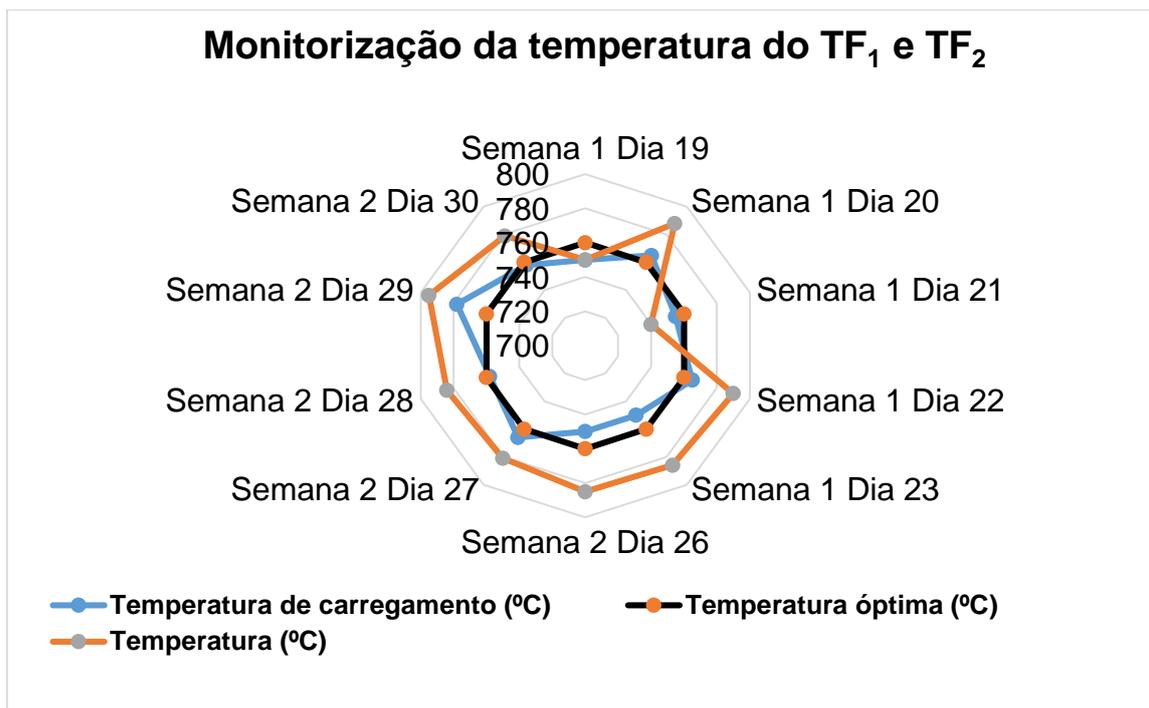


Gráfico 2: Análise da variação da temperatura nos fornos TF₁ e TF₂.

De acordo com o Gráfico 2, verifica-se que as temperaturas de carregamento e descarga variaram para alguns dias de trabalho. Nos dias 19 a 23 de Dezembro de 2022 correspondentes a monitorização I, a temperatura de descarga variou a 13 °C, 8°C, 10 °C, 14 °C respectivamente, e nos dias 26 á 30 Dezembro de 2022, equivalentes a monitorização II a variação foi de 4°C, 3°C, 14°C, 16 °C. Essa variação pode ser causada pela falha no cumprimento dos procedimentos operacionais padrão por parte dos funcionários, falha no monitoramento da temperatura e painéis de controlo mal programados. A temperatura de descarga do alumino fundido nos TF's superou o limite máximo (760°C) recomendado pelo manual de produção. E o autor Maurício (2016), aponta que a temperatura máxima de vazamento do alumino é de 760 °C. E sobre a temperatura de carregamento, houve sim variação, porém apresentou-se dentro do limite mínimo admissível (720°C) pelo manual de produção.

5.2.2. Monitorização I e II da temperatura de carregamento e descarga do HF₁

O Gráfico 3, apresenta os resultados obtidos no controlo da temperatura no forno de fundição para a monitorização I e II.

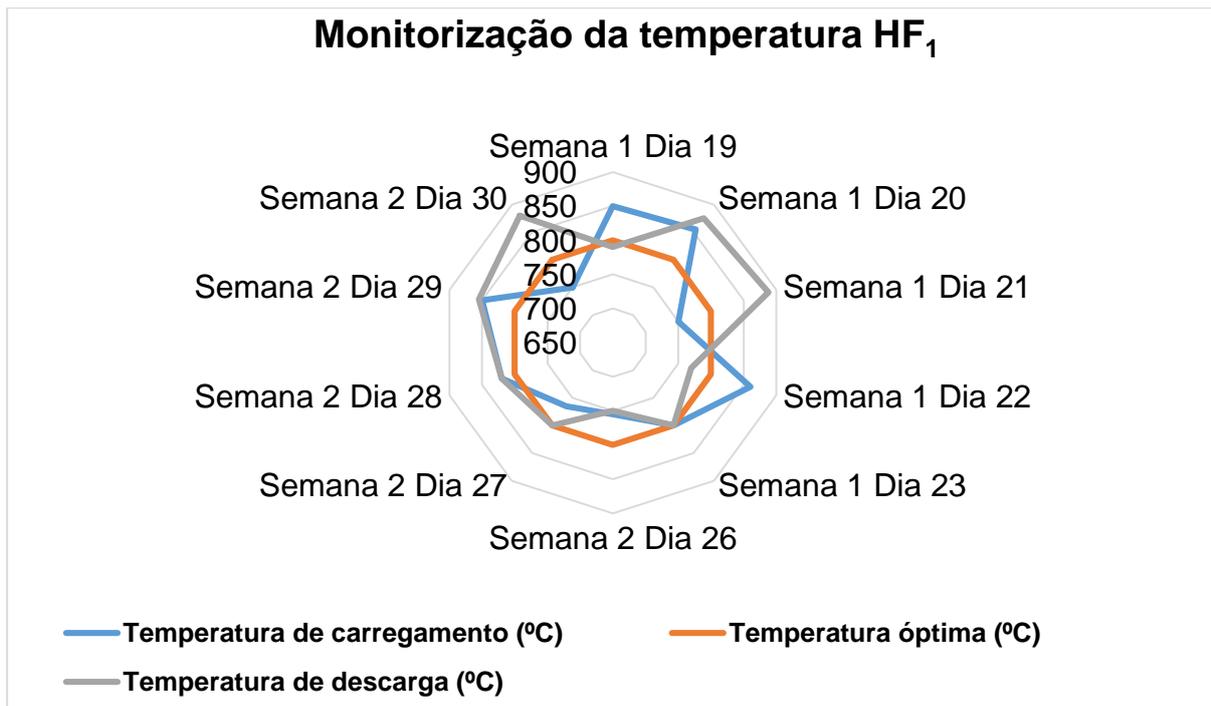


Gráfico 3: Variação de temperatura no forno de fundição (HF₁).

Pode observar-se no Gráfico 3, que em alguns dias de trabalho como nos dias 21 e 30 de Dezembro de 2022, ocorreu o processo de fundição das sucatas de alumínio a uma temperatura de 750°C, este valor está acima dos valores reportados por Silva (2015), onde afirma que a fundição do alumínio deve ocorrer a uma temperatura abaixo de 700°C pois este metal possui alta afinidade com o oxigénio, podendo proporcionar a formação de óxidos. A quantidade de óxidos formados está directamente ligado ao valor da temperatura e agitação do banho. As temperaturas elevadas contribuem para a absorção de gases pelo metal fundido assim proporcionando a porosidade (Camargo, 2014).

De forma resumida, a temperatura de descarga para os diferentes dias de trabalho, superou a temperatura máxima recomendada no manual de produção padrão (800 °C) que pode ter como consequência, a ruptura do varrão: Este desvio deve-se ao factor humano, pois verifica-se que em alguns dias de trabalho houve o cumprimento da norma dos procedimentos operacionais padrão (anexo 7), como os dias 19, 21 e 26 de Dezembro de 2022 e em alguns turnos de trabalho não houve o cumprimento da norma. A temperatura de carregamento apresentou variações em todos os dias de monitoria. Os factores que contribuíram para essa variação são as flutuações da temperatura do alumínio líquido proveniente da Mozal, oscilando no intervalo de 800 a 900 °C. Dependendo da experiência do técnico em serviço, o tempo de descarga do material pode variar de 5 a 8 minutos.

5.2.3. Tempo de funcionamento do forno

O tempo de funcionamento variou consoante a velocidade de linha de produção e com o tipo de varrão a ser produzido nos fornos TF₁ e TF₂ como pode ser visto no (Apêndice 11). Para o forno HF₁ o tempo de funcionamento variou em função de dois aspectos a saber: O tipo de produção, e a quantidade da matéria-prima processada.

5.3. Análise do consumo do gás natural

No Gráfico 4, estão apresentados os resultados visualizados no painel de controlo bem como no relatório diário do consumo do gás para os diferentes dias de produção.

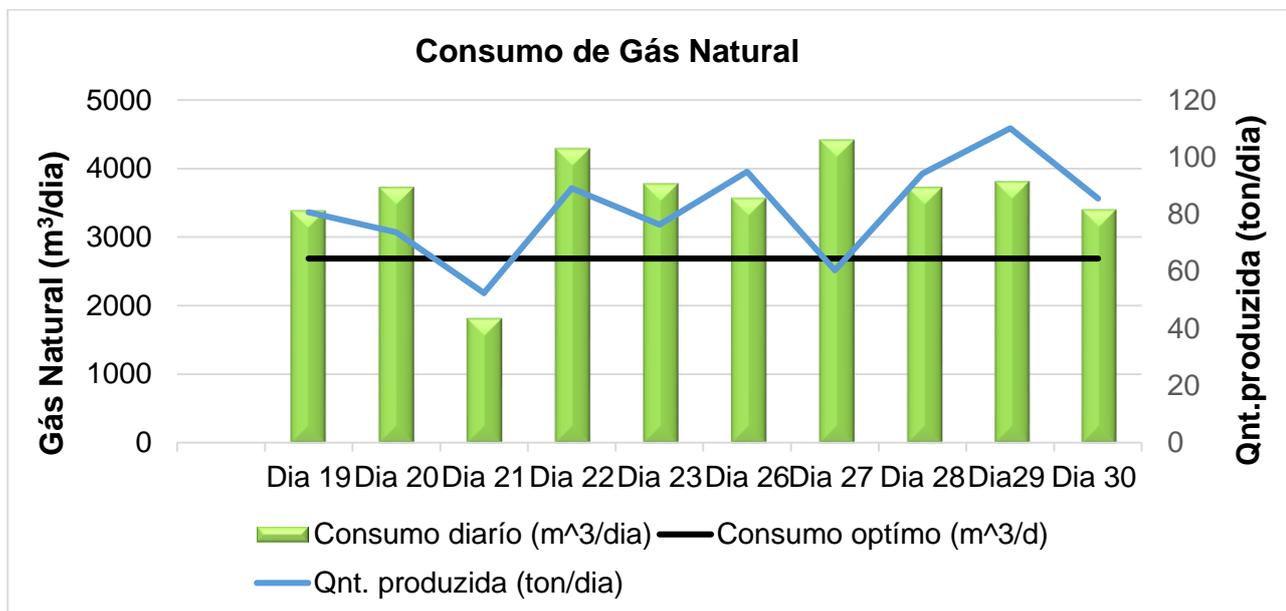


Gráfico 4: Variação do consumo do gás natural.

O consumo de gás natural apresentou valores oscilatórios em todos os dias de produção, e o consumo ótimo diário estabelecido pela empresa foi de 2685 m³ em cada turno de trabalho. Um dos factores que possivelmente proporcionou a obtenção desses valores é a má execução das etapas do processo, como o número de vezes em que a porta do forno é aberta e o tempo (duração) em cada ciclo de trabalho. Verificou-se que no HF₁ as portas dos fornos foram abertas 5 vezes que consistiram na adição de sucatas e a retirada da escória visto que se usa a mesma porta (Apêndice 16 e 17).

A duração da porta aberta variou no intervalo de 5 a 15 min consoante a quantidade das sucatas adicionadas e a quantidade da escória retirada em função do técnico em serviço. Nos TF₁ e TF₂ obteve-se em média abertura da porta dos fornos 7 vezes que consistiram em transferência do metal líquido, adição de fundentes e desgaseificação do com N₂.

Esses processos variaram de 5-20 min, que possivelmente conduziu a perda de calor que estava confinado no forno e perdido para o ambiente externo.

Nos enunciados de Almeida (2019), cada minuto de porta aberta são necessários dois minutos adicionais do ciclo devido as perdas de calor. Com o gráfico 4, pode notar-se que o dia 27 apresentou maior consumo de gás natural 4411.3 (m³/dia) e produtividade de 5028.5 (kg/dia) e o dia 21 de Dezembro de de 2022 apresentou menor consumo de 1816.1 (m³/dia) e produtividade de 7427.4 (kg/dia). Para Alencar e Oliveira (2003), a redução do consumo energético proporciona a redução de custos como também o aumento da produtividade. Com os resultados obtidos pode-se afirmar que quanto menor consumo de gás natural maior será a produtividade.

5.4. Análise da quantidade de escória formada

Neste subcapítulo será feito a apresentação e discussão dos resultados referentes a quantidade da escória formada no forno HF₁ na Monitorização I e II e os cálculos apresentados nos apêndices 11.

5.4.1. Monitorização I e II, Forno HF₁

No Gráfico 5, estão apresentados os resultados da quantidade da escória obtida.

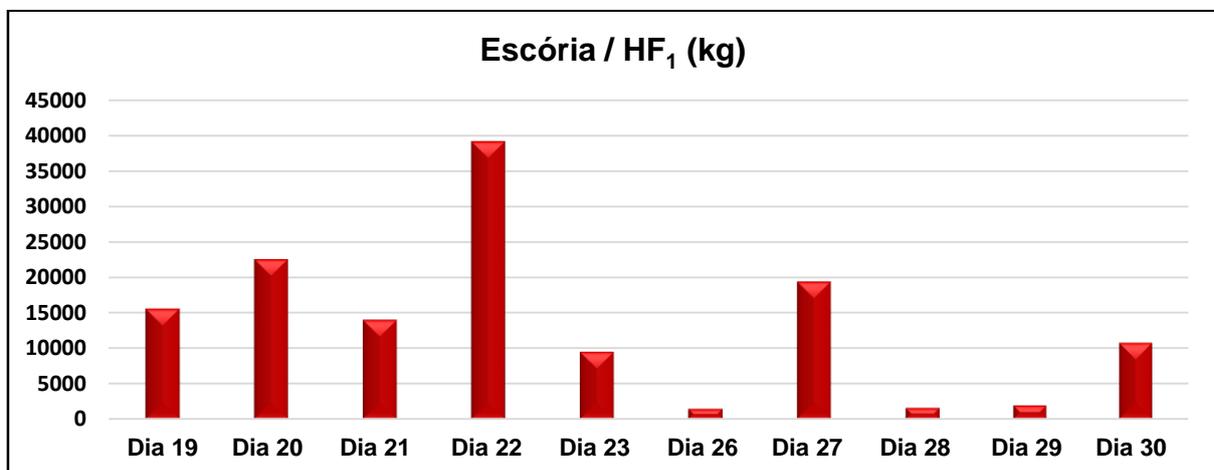


Gráfico 5: Variação da quantidade da escória formada no HF₁.

Com os resultados obtidos nesta monitorização constatou-se que em diferentes dias de trabalho e quantidades variáveis de matéria-prima processada obteve-se escória. Nos dias 23 e 28 de Dezembro de 2022, ver (Apêndice 11) processou-se somente alumínio fundido, neste caso houve a conservação de temperatura do metal no forno HF₁, contudo obteve-se 9535 kg para o dia 23 e 213 kg de escória para o dia 28 de Dezembro de 2022.

A origem desse resíduo pode estar relacionada com a quantidade das impurezas contidas na matéria-prima (alumínio fundido). Essas impurezas advêm dos comburentes usados tais como o ar e o oxigénio, que possivelmente contaminam os aços com oxigénio, nitrogénio e hidrogénio (este proveniente da humidade do ar), e também pelas reacções de redução de óxidos metálicos contidos nos refractários e pela reacção entre os elementos do metal líquido e o refractário (Mourão *et al.*, 2007).

5.5. Análise da produtividade, eficiência e escória na monitorização I e II

Os resultados da produtividade e escória formada para a monitorização I, semana I estão apresentados no Gráfico 6.

5.5.1. Produtividade dos fornos da monitorização I

Após a obtenção da quantidade dos produtos obtidos, e o tempo total de ciclo, determinou-se a produtividade. A quantidade da escória formada determinou-se a partir do balanço de massa (eq 14), ver Apêndice (11) e a quantidade do alumínio fundido e dos produtos produzidos foi obtido através dos registos de produção diários.

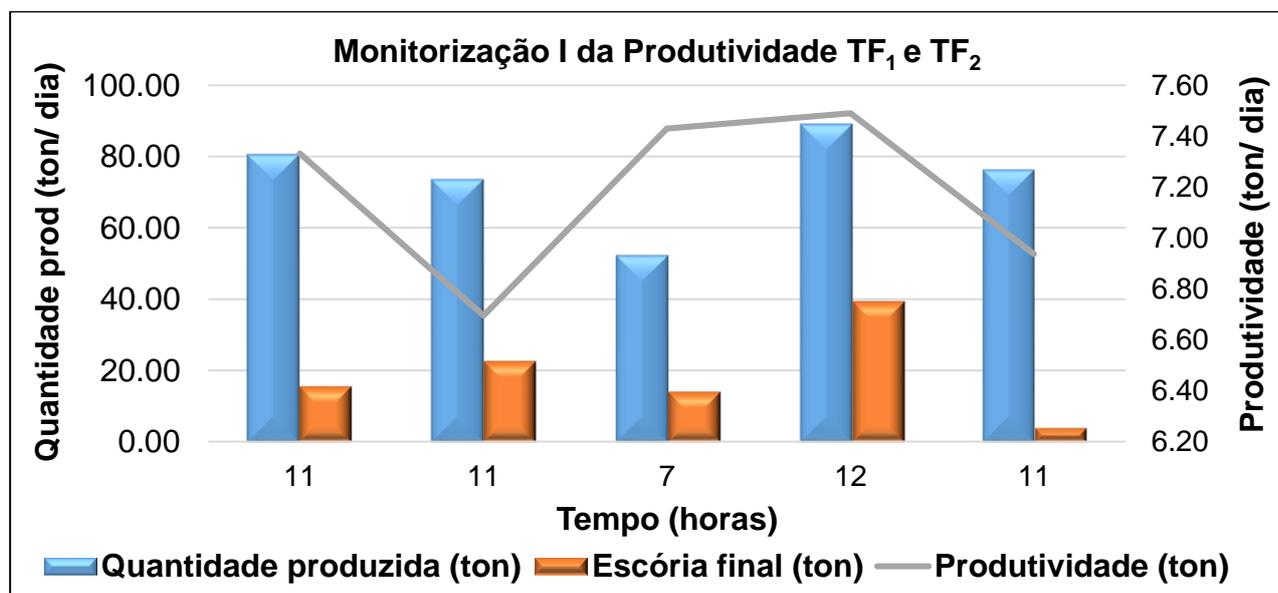


Gráfico 6: Resultados da produtividade e escória na Monitorização I.

Com o Gráfico 6, é possível notar que nos dias 19, 20, 21 e 23 (Monitorização I), não foi possível completar as 12h de trabalho devido às interrupções não previstas no processo produtivo. As paragens observadas nesses dias estiveram relacionadas com a reparação dos *stands*, *moldes* e *falhas na OTT*, paragens no forno TF₁.

Nos dias 19, 20, 23 de Dezembro de 2022, esperava-se obter 12 (ton/dia) de produtividade e no dia 21, 8 (ton/dia). Porém obteve-se 7.3, 6.7, 7.3 e 7.4 (ton/dia) respectivamente. A falta de manutenção dos equipamentos, também tem sido uma das causas das constantes paragens verificadas. Para Pinto (2015), cada paragem de um equipamento tem como consequência uma perda de lucro da empresa, apelidado de lucro cessante e Oliveira (2015), acrescenta que as paragens geram perdas no ritmo de produção, visto que após ajustado, tem que ser retomado e até entrar em um ritmo constante pode ocasionar falha e reprovação de algumas peças.

No dia 22 de Dezembro de 2022, foi possível completar as 12h de trabalho, porém não foi possível obter o esperado (13ton/dia). Apontam-se outros factores como composição química da matéria-prima. Os estudos realizados por Diniz e Oliveira (2009), demonstraram que a composição química do metal é um dos aspectos conduz a perda da produtividade.

Ainda no gráfico 6, verificou-se uma discrepância de valores obtidos da quantidade da escória de alumínio nos fornos TF₁ e TF₂, onde obteve-se 50.44 ton e 45.77 ton respectivamente.

Esses resultados podem ter sido influenciados pela quantidade dos produtos obtidos e pelo tempo de limpeza do forno visto que essa actividade é desempenhada por diferentes funcionários e com diferentes níveis de experiência, consoante o turno de trabalho (Apêndice 16). A limpeza do forno ocorre quando ele está em funcionamento e mantendo as portas do forno abertas por muito tempo proporciona a exposição do metal á atmosfera, assim permitindo a formação de uma camada de óxido de alumínio dentro do banho (Zordão, 2015).

Outro aspecto que contribui para a formação da escória é a elevada temperatura operacional. O autor Santos (2013), apresentou nos seus resultados que as ligas puras de alumínio (99,5%) apresentam sua influência na temperatura do metal para a formação da escória com a variação da temperatura na ordem de 700°C e 800°C, e concluiu que a temperatura acima de 700°C são propícias para a geração de escória.

5.5.2. Eficiência produtiva do forno TF₁ na monitorização I e II

No Gráfico 7, estão apresentados os resultados obtidos na Monitorização I e II da eficiência produtiva.

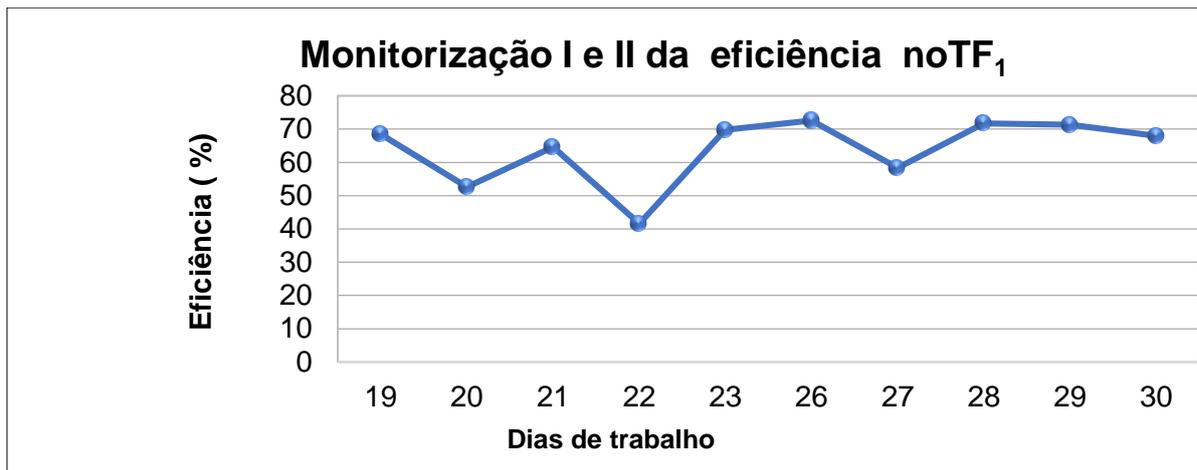


Gráfico 7: Resultados da variação da eficiência produtiva no TF₁ .

A eficiência produtiva apresentou uma discrepância de valores para os diferentes dias de trabalho na monitorização I e II para o forno TF₁ conforme mostra o gráfico 7 e obteve-se 63.9% de eficiência média global neste forno. Na variação foi possível perceber que em todos os dias de trabalho, não foi possível obter a produção esperada, ou seja, o forno produziu fora da sua capacidade de 22 (ton/1h40min).

Um dos factores importantes verificados que possivelmente interferiu na eficiência é a quantidade real dos produtos obtidos, como é o caso do dia 26, que apresentou maior eficiência na ordem de 72.6 (%).

O que pode dificultar a obtenção de maior quantidade dos produtos pode ser a perda do metal líquido no forno por derrame e pela oxidação do metal. Para Matte *et al.*, (2018), a exposição directa do metal á chama do queimador produz perdas grandes por oxidação do metal. Outros factores podem ser técnicos concretamente a experiência dos técnicos em serviço visto para esta monitorização estiveram presentes turnos que apresentaram diferentes níveis de experiência e duração na empresa variando de 3 anos a 4 meses que foi uma aspecto relevante no pensamento de Dias (2013), afirmando que a forma de trabalho dos operadores responsáveis pelos fornos influencia de modo significativo na eficiência dos respectivos equipamentos.

5.5.3. Produtividade dos fornos na monitorização II

Os resultados obtidos da produtividade e escória para a monitorização II estão apresentados no Gráfico 8.

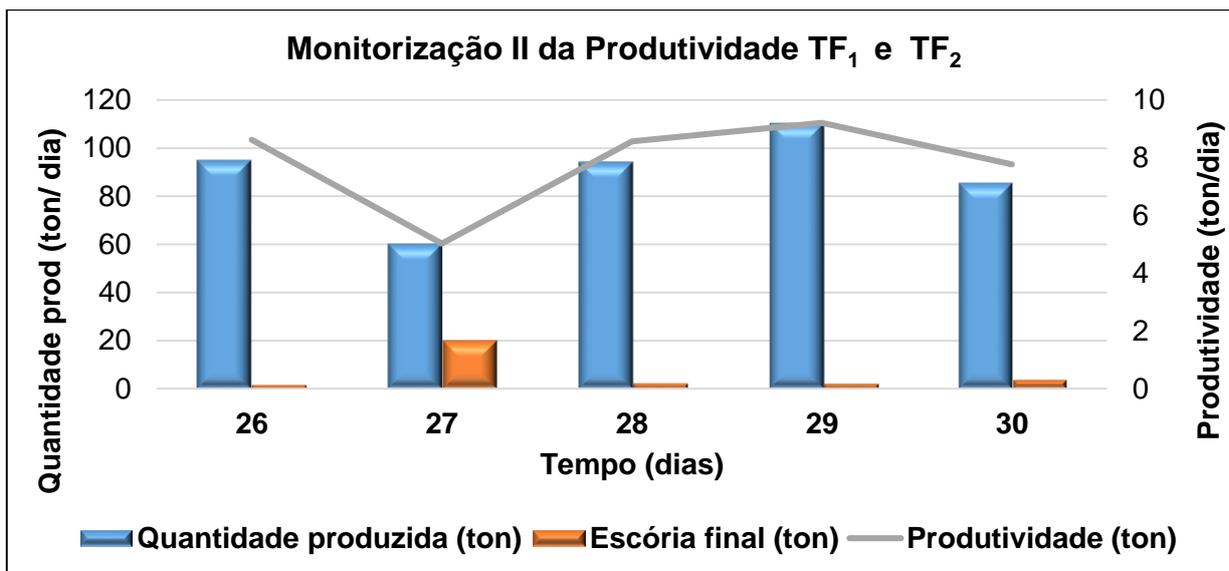


Gráfico 8: Resultados da produtividade na Monitorização II.

Com o Gráfico 8, verifica-se que a quantidade produzida, produtividade e escória variou nos dias 26,27,28,29,30 (Monitorização II). Nos dias 26, 28 e 30 de Dezembro de 2022 esperava-se obter 12 (ton/dia) e no dia 27, 9 (ton/dia), porém obteve-se: 8.62, 8.56, 7.77 e 5.02 (ton/dia) respectivamente.

Também se observou a oscilação da quantidade da escória formada, onde constatou-se que no dia 27 de Dezembro de 2022, obteve-se maior quantidade, de 20 (ton/dia) e no dia 29 obteve-se menor quantidade de 2.15 (ton/dia). Com este facto afirma-se que quanto maior for a quantidade produzida, maior será produtividade e menor será a quantidade de escória. Verificou-se também que na monitorização I, obteve-se maior quantidade de escória em relação a produtividade na ordem de 96.14 (ton/semana) e 35.89 (ton/semana) respectivamente. E para Tocchetto (2005), a geração de resíduos representa perdas no processo, ineficiência produtiva e custos ambientais de gerenciamento.

Entretanto na monitorização II, obteve-se aumento na produtividade e redução na quantidade de escória na ordem de 39.13 (ton/semana) e 29.87 (ton/semana). Este aumento pode ter resultado da manutenção correctiva bem-sucedida realizada nos dias (24 e 25 de Dezembro de 2022) e a interacção dos elementos presentes em cada turno.

Na observação de Sousa (2012), as interacções entre os funcionários proporcionam a redução do material e aumentam a produtividade.

5.5.4. Eficiência produtiva na monitorização I e II do TF₂

No Gráfico 9, estão apresentados os resultados obtidos na Monitorização I e II da eficiência produtiva no forno TF₂.

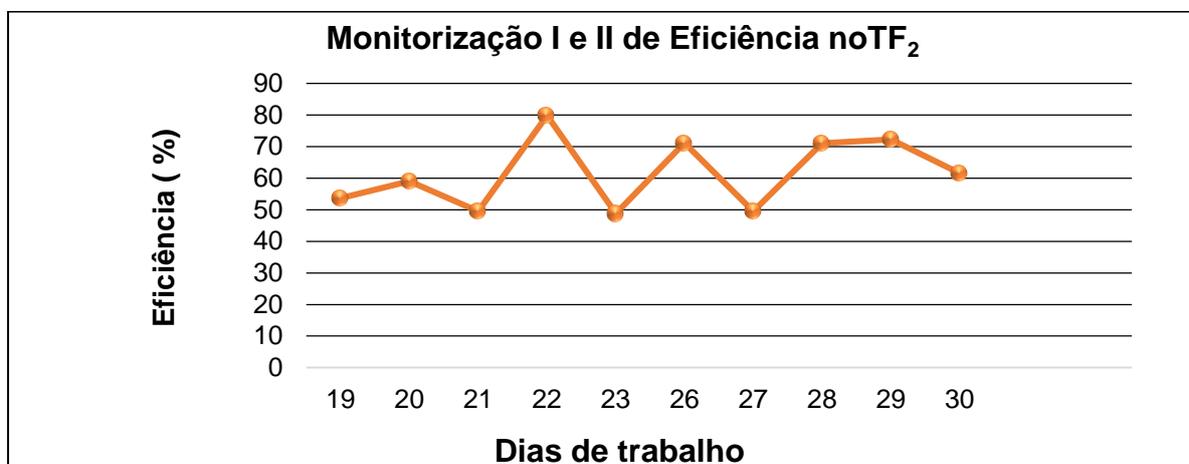


Gráfico 9: Variação da eficiência produtiva na Monitorização I e II.

Com o Gráfico 9, é possível verificar a discrepância de valores da eficiência em diferentes dias de trabalho e a eficiência média global obtida nesta monitorização foi de 61.64 %. A capacidade esperada desse forno é de 22 (ton/2h10min) por cada carregamento do forno a uma velocidade de 9.5km/h.

A produtividade obtida pelo TF₂ nas duas monitorizações apresentou valores baixos em relação ao TF₁, o que pode ter influenciado directamente na obtenção dessa eficiência oscilatória conforme o gráfico. O TF₂ gasta 2h10min para completar o ciclo de produção, acredita-se que essa demorada é devido a camada de escória seca nas paredes do forno que influencia na produtividade e na eficiência, visto que quanto maior produtividade maior será a eficiência. Esse aspecto é positivo no pensamento de Mariano (2014), que afirma que quanto maior for a produtividade de um sistema mais eficiente ele será. Apontam-se também os factores técnicos relacionados com a regulação incorrecta dos parâmetros operacionais que no pensamento de John (2009), a falta de regulação correcta dos parâmetros do forno causa a geração da baixa produtividade, consumo do combustível, e baixo rendimento.

5.6. Análise do Indicador Global de eficiência dos Equipamentos (OEE)

Neste subcapítulo será feita a apresentação e discussão dos resultados do indicador OEE.

5.6.1. Indicador OEE

Após a obtenção de todos os parâmetros necessários para este estudo, determinou-se o índice da eficiência global dos equipamentos (OEE), e os resultados estão descritos no Gráfico 10.

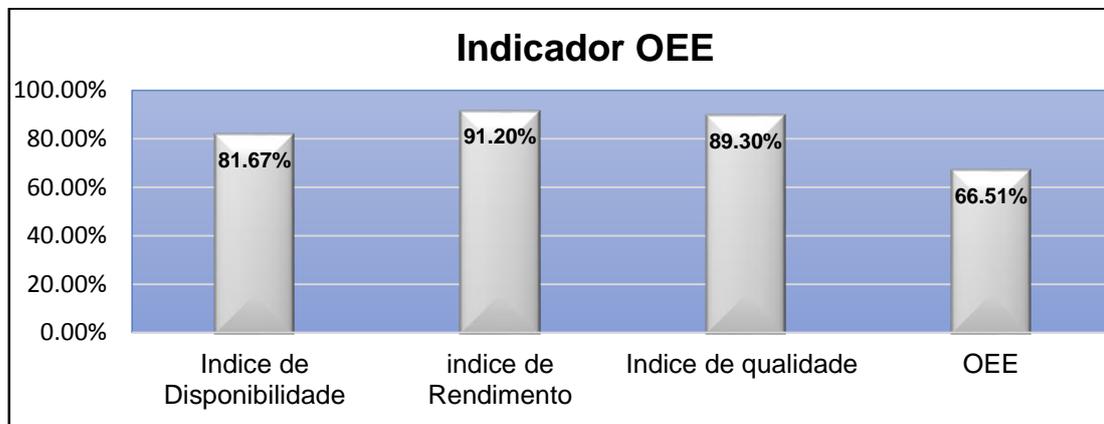


Gráfico 10: Resultados do Índice de eficiência global dos equipamentos.

O Gráfico 10, demonstra os níveis de disponibilidade, rendimento, qualidade e do OEE. O índice de disponibilidade apresentou um nível de 81.67%, índice de rendimento apresentou um nível de 91.2 e o índice de qualidade apresentou um nível de 89.5%. OEE apresentou um índice 66.51%, segundo a Eq (15). Esse valor está na faixa dos valores aceitáveis na visão de (Silva e Garcez, 2017).

Este valor demonstra que as avarias observadas, a queda de velocidade a quantidade dos produtos não conformes obtidos e outros factores, influenciaram directamente no resultado obtido desse indicador. Para Santos (2018), O OEE no intervalo de 65% e 75% é considerado razoável, porém com necessidade de melhoria. Para uma empresa com produção de vários tipos de produtos, bem como, velocidades e características variáveis um OEE de 75% já se apresenta como um bom resultado acrescenta (Texeira, 2014).

5.7. Impactos dos processos de produção com a qualidade do produto

Neste subcapítulo será feita a apresentação e discussão dos resultados referentes aos processos de produção com a qualidade.

5.7.1. Principais parâmetros analisados do controlo da qualidade

Para relacionar os processos de produção do forno com a qualidade foi necessário analisar os seguintes parâmetros: Elongação, tênsile, condutividade e diâmetro segundo as especificações do cliente. Durante o período de monitoria obteve-se 87524 kg de produtos rejeitados pois os parâmetros analisados estiveram fora da margem aceitável para este tipo de produção, Figuras 13 e 14 e nos apêndices (13).

Line No.	Coil No.	Diameter	mass(g/m)	Max. Load [N]	Tensile kg/mm2	Elongatio n [%]	Resistivity ohms-	Conductivity	Furnace	Tested By	Status	PARAMETERIZATION		
												TENSILE	ELONGATION	CONDUCTIVITY
1	1	253905	9.529	192.91	6385	9.1	27.5	0.02771	62.2 TF1	Norberto	APPROVED			
2	1	253906	9.518	192.46	6399	9.2	23.2	0.02763	62.4 TF1	Norberto	APPROVED	8.2	9.7	19.0
3	1	253907	9.532	193.02	6254	8.9	26.4	0.02769	62.3 TF1	Norberto	APPROVED			
4	1	253908	9.525	192.73	6428	9.2	26.2	0.02772	62.2 TF1	Norberto	APPROVED			
5	1	253909	9.525	192.74	6415	9.2	26.2	0.02771	62.2 TF1	Norberto	APPROVED			
6	1	253910	9.547	193.63	6439	9.2	25.9	0.02777	62.1 TF2	Elisabeth	APPROVED			
7	1	253911	9.536	193.18	6278	9	28.1	0.02764	62.4 TF2	Norberto	APPROVED			
8	1	253912	9.505	191.94	6552	9.4	27.7	0.02767	62.3 TF2	Norberto	APPROVED			
9	1	253913	9.555	193.98	6267	8.9	26.1	0.02776	62.1 TF2	Norberto	APPROVED			
10	1	253914	9.534	193.12	6451	9.2	25	0.02762	62.4 TF2	Norberto	APPROVED			
11	1	253915	9.576	194.83	6416	9.1	28.7	0.02774	62.1 TF2	Norberto	APPROVED			
12	1	253916	9.547	193.64	6038	8.6	24	0.02771	62.2 TF1	Norberto	APPROVED			
13	1	253917	9.567	194.47	6409	9.1	24.6	0.02782	62 TF1	Norberto	APPROVED			
14	1	253918	9.545	193.55	6454	9.2	30	0.0277	62.2 TF1	Norberto	APPROVED			
15	1	253919	9.567	194.45	6319	9	26	0.02782	62 TF1	Norberto	APPROVED			
16	1	253920	9.547	193.66	6373	9.1	25.6	0.02771	62.2 TF1	Norberto	APPROVED			
17	1	253921	9.547	193.66	6599	9.4	27.8	0.02772	62.2 TF1	Norberto	APPROVED			
18	1	Start up	9.659	198.21	8659	12.1	15.4	0.02847	60.6 TF2	Norberto	REJECTED			
19	1	2204630	9.671	199.07	8817	12.2	17.3	0.02846	60.6 TF2	Norberto	REJECTED			
20	1	2204631	9.625	197.17	8838	12.4	17.3	0.02831	60.9 TF2	Norberto	REJECTED			
21	1	2204632	9.647	198.08	9039	12.6	17.6	0.02829	60.9 TF2	Norberto	REJECTED			
22	1	2204633	9.633	197.5	8748	12.2	17	0	TF2	Norberto	REJECTED			

Figura 13: Controlo de qualidade dos produtos obtidos no período de monitoria.

Na Figuras 13 e 14 pode notar-se que foi possível obter produtos aprovados como os rejeitados. No que concerne o diâmetro, observa-se que esteve acima do desejado em alguns dias de trabalho. Suspeitam-se as falhas ocorridas no processo de produção da máquina (*Roughing Mill*), concretamente o funcionamento dos *stands* que tem a função de reduzir o diâmetro do varrão.

De igual modo, observa-se a variação do tênsile, elongação e condutividade durante o período de monitoria em alguns ciclos de produção conforme a Figura 14.

Line No.	Coil No.	Diameter	mass(g/m)	Max. Load [N]	Tensile kg/mm2	Elongation [%]	Resistivity ohms-	Conductivity	Tested By	Furnace	Time	Status	
1	1	274418	9.392	187.40	6068	8.9	24.1	0.027630	62.4	Norberto	TF1	6:58 a.m.	APPROVED
2	1	274419	9.383	187.02	6045	8.9	26.3	0.027700	62.2	Norberto	TF1	7:10 a.m.	APPROVED
3	1	274420	9.384	187.08	6109	9.0	27.4	0.027660	62.3	Norberto	TF2	7:28 a.m.	APPROVED
4	1	274421	9.416	188.35	6254	9.2	25.7	0.027640	62.4	Norberto	TF2	7:55 a.m.	APPROVED
5	1	274422	9.453	189.84	6257	9.1	18.0	0.027580	62.5	Norberto	TF2	7:57 a.m.	REJECTED
6	1	274423	9.423	188.64	6083	8.9	28.7	0.027610	62.4	Norberto	TF2	8:10 a.m.	APPROVED
7	1	274424	9.429	188.87	6118	8.9	23.4	0.027660	62.3	Norberto	TF2	8:24 a.m.	APPROVED
8	1	274425	9.416	188.37	6165	9.0	25.6	0.027650	62.4	Norberto	TF2	8:43 a.m.	APPROVED
9	1	274426	9.395	187.53	5985	9.9	27.4	0.027640	62.4	Norberto	TF2	8:58 a.m.	REJECTED
10	1	274427	9.405	187.92	6200	9.1	22.6	0.027550	62.6	Norberto	TF2	9:11 a.m.	APPROVED
11	1	274428	9.402	187.78	6242	9.2	25.0	0.027610	62.4	Norberto	TF1	9:24 a.m.	APPROVED
12	1	274429	9.450	189.73	6444	9.4	30.3	0.027760	62.1	Norberto	TF1	9:38 a.m.	APPROVED
13	1	274430	9.427	188.79	6300	9.2	29.6	0.027780	62.1	Norberto	TF1	9:44 a.m.	APPROVED
14	1	274431	9.417	188.42	6194	9.1	22.7	0.027730	61.7	Norberto	TF1	10:02 a.m.	REJECTED
15	1	274432	9.469	190.48	6274	9.1	26.1	0.027790	62.0	Norberto	TF1	10:24 a.m.	APPROVED
16	1	274434	9.400	187.72	6093	9.8	26.7	0.027620	62.4	Norberto	TF1	10:29 a.m.	REJECTED
17	1	274435	9.466	190.35	6471	8.9	27.2	0.027620	62.4	Norberto	TF1	11:00 a.m.	APPROVED
18	1	274436	9.470	190.53	6367	9.2	26.6	0.027760	62.1	Norberto	TF1	11:09 a.m.	APPROVED
19	1	274437	9.416	188.36	6156	9.8	25.4	0.000000	62.2	Norberto	TF2	11:12 a.m.	REJECTED
20	1	274438	9.422	188.59	6268	9.2	24.1	0.000000	62.1	Norberto	TF2	11:32 a.m.	APPROVED

PARAMETERS		
TENSILE	ELONGATION	CONDUCTIVITY
8.2	9.7	19.0
		61.9

CURRENT ORDER	RANDOM WINDING	
CUSTOMER:	FRANCE	9.5MM
WEIGHT:	2200 KG	H11
BELT:	STEEL	CLEAN
PALLET:	STANDARD	GREASE
TOTAL QTY:	95	COILS
TOTAL MISSING:	95	COILS

NEXT ORDER	RANDOM WINDING	
CUSTOMER:		9.5MM
WEIGHT:		H11
BELT:		
PALLET:		
TOTAL QTY:		COILS
TOTAL MISSING:		COILS

Figura 14: Controle de qualidade dos produtos obtidos no período de monitoria.

Sobre a elongação, condutividade e tensão também estiveram acima do desejado em alguns dias de trabalho. Suspeitam-se os factores humanos que contribuíram para a obtenção desses valores, pois durante a monitoria verificou-se o fraco controlo da temperatura em alguns turnos de trabalho, pois obteve-se valores oscilatórios e fora dos padrões de produção recomendados pela empresa. Na abordagem de Silva (2016), a qualidade dos produtos obtém-se através de um bom e perfeito controle de temperatura. Outro aspecto que possivelmente proporciona os produtos defeituosos (não-conforme) é a qualidade da matéria-prima, visto que o armazenamento das sucatas é precário e não é feito o tratamento prévio antes da refundição, Figura 15.



Figura 15: Local de armazenamento das sucatas, A e B - sucatas prontas para a refundição.

Outro aspecto observado é o derrame de metal durante o processo de produção, conforme a Figura 16.



Figura 16: Derrame de metal no interior da fábrica, 1,2- derrame de metal no processo de transferência.

Na Figura 16, observa-se o derrame de metal durante o processo de transferência, e notou-se que este, volta para o forno para o processo de refundição. Na visão de Camargo (2014), em alguns casos além dos retornos e lingotes, são utilizados parte do alumínio que vazou acidentalmente no piso do sector durante o vazamento e transporte do metal líquido, este alumínio contamina-se não só pelas impurezas presentes no piso, mas também pelo contacto com o ar que oxida o alumínio e estes factores criam uma tendência de produtos defeituosos (não-conforme).

Salienta Marques (2010), que os fornos do tipo revérberos de grandes dimensões há tendências de formação de óxidos de elevada dureza na interface do metal e o refractário e esses óxidos são responsáveis pela contaminação do metal e também pelo consumo de combustível usado para alimentação. Portanto os produtos não conformes geram impactos no meio ambiente como: Consumo de recursos não renováveis (Gás natural, electricidade e água). Também se verificam os custos económicos devido a (perda de efluente líquido “emulsão”) e os retrabalhos.

5.7.2. Análise comparativa entre a composição química do metal líquido, escória do alumínio e composição óptima

As Tabelas 11 e 12 apresentam o comportamento dos elementos presentes na composição química do metal líquido, escória, produtos e a composição óptima para a produção do Ec grade H11.

Tabela 11: Resultados da Composição química da amostra 1.

Metal líquido	Escória do Al	Produtos	Composição óptima (%) Ec grade H11 (Máximo) <i>Norma: En 1715-1</i>
Amostra 1/ TF₁			
Elementos	Composição (%)		
Si	0.0444	50.3	0.100
Fe	0.136	1.34	0.250
Cu	0.0005	0.026	0.020
Mn	0.001	-----	0.010
Mg	0.0013	0.021	0.020
Zn	0.0018	-----	0.040
Ti	0.0157	1.3	0.010
Cr	0.0003	0.026	0.010
Na	0.0005	----	0.020
*B	0.0049	$7.5 \cdot 10^{-5}$	0.020
V	0.0113	0,51	0.010
Ga	0.0067	$9,2 \cdot 10^{-4}$	0.030
Al	99.75	38	99.70

Legenda: (---) composição não detectada e (*) fundente.

Na Tabela 11, observa-se que a composição química do Si se mostrou dentro dos limites aceitáveis segundo a norma. Por outro lado, verificou-se que o Fe apresentou aumento na composição química dos produtos de 0.265 (%) e superou os limites óptimos estabelecidos pela norma, visto que a escória efectuou a remoção de impurezas na ordem de 1.34 (%), este aumento pode estar relacionado com as impurezas contidas nas paredes do forno e autores Guterres *et al.*, (2019), afirmam que a presença deste elemento em altas concentrações influenciam no têsile e na formação de porosidades no produto final. O Na demonstrou incompatibilidade com a escória presente, porém a composição química dos produtos reduziu para 0.0001 (%), esse facto pode ser explicado pela afinidade deste com outros elementos presentes no banho e formando outros óxidos.

Segundo Peixoto (2010), O Na tem afinidade com o Si, O₂ e Al formando zeólita Na₂ (Al₂Si₃ O₁₀). Verificou-se que o Ti e o V apresentaram redução na composição dos produtos e superaram os padrões da norma. Aponta-se a insuficiência do fundente adicionado (Boro) que provavelmente, dificultou o processo de precipitação dos elementos de transição. Os autores Nunes *et al.*, (2014), afirmam que o boro não proporciona a precipitação dos elementos de transição devido a variação da temperatura no decorrer do processo.

Por outro lado, o Al, apresentou aumento na composição dos produtos de 99.76 (%), que pode ter resultado da adição do metal líquido ou pela sua presença em altos teores na escória, aspecto reportados pelos autores Diniz e Oliveira (2009), a escória de alumínio apresenta óxido de alumínio (25 a 30%), Al metálico (65 a 75 %), carbeta de alumínio (2 a 3%), nitrato de alumínio (3 a 5%), óxido de ferro (0.5 a 2%) e óxido de silício (0.5 a 1.5 %). A Tabela 12, apresenta a influência da composição química do metal e nos produtos.

Tabela 12: Resultados da Composição química da amostra 2.

Metal líquido		Escória de Al	Produtos	Composição óptima Ec grade H11 (Máximo) <u>Norma: En 1715-1</u>
Amostra 2/ TF ₂				
Elementos	Composição (%)			
Si	0.0414	43.43	0.411	0.100
Fe	0.119	1.23	0.275	0.250
Cu	0.0005	0.026	0.0005	0.020
Mn	0.001	0.022	0.001	0.010
Mg	0.0013	-----	0.0013	0.020
Zn	0.0018	0.011	0.0018	0.040
Ti	0.0068	1.610	0.0047	0.010
Cr	0.0003	6,58.10 ⁻³	0.0003	0.010
Na	0.0013	----	0.0002	0.020
*B	0.0009	7.4.10 ⁻⁴	0.086	0.020
V	0.0093	1.719	0.0048	0.010
Ga	0.0065	6.58.10 ⁻³	0.0065	0.030
Al	99.79	49	99.78	99.70

Legenda: (---) composição não detectada e (*) fundente.

Na Tabela 12, observa-se que o Si e Fe apresentaram aumento na composição química dos produtos de 0.411 (%) e 0.275 (%) respectivamente e superou o admissível segundo a norma. O aumento observado pode ter resultado das impurezas contidas no interior do forno concretamente no material refractário. Segundo Ferreira (2018), as reacções que ocorrem entre o metal-atmosfera, refractário-metal, escória-refractário condicionam a composição da escória e do próprio metal, acrescenta Naval (2004), que a presença do Si em concentrações acima do 0.100 (%) proporcionam a obtenção do varrão quebradiço.

Verificou-se que o Cu, Zn e Mn, obtiveram composição dos produtos constantes, após a remoção de impurezas de 0,026 (%), 0.022 (%) e 0.011 (%) respectivamente. Este aumento pode ter sido gerado pela adição de sucatas no forno. Por outro lado, o boro apresentou aumento na composição química dos produtos de 0.086 (%) e superou os valores requeridos pela norma. Na visão de Pimenta (2017), altas concentrações de boro são prejudiciais, pois formam partículas grosseiras de boreto assim reduzindo a ductilidade (alongação), a resistência mecânica da liga, e a formação de incrustação dentro do metal líquido as quais podem comprometer a qualidade das peças.

5.8. Possíveis impactos ambientais resultantes do processo de produção dos varrões do alumínio

Neste subcapítulo será feita a apresentação dos resultados referentes aos impactos ambientais resultantes do processo de produção.

5.8.1. Efluentes industriais

A Figura 17, apresenta as efluentes indústrias resultantes dos processos de solidificação da barra de alumínio extrusão.

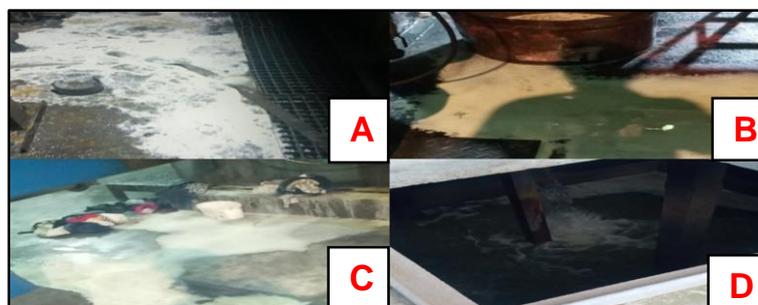


Figura 17: Efluentes Industriais, A,B,C demonstram o derrame de emulsão no interior da fábrica e D, água usada para arrefecer a barra.

As presenças de fugas nas máquinas utilizadas no processo de produção geram o derrame de emulsão que é uma mistura de água e óleo usados para o resfriamento da barra do alumínio, e pertence a classe I (resíduos perigosos). No acto da limpeza do pátio da empresa, esse resíduo é espalhado no solo sem o tratamento prévio e pelos processos de absorção e adsorção pode ocorrer a penetração dos contaminantes no solo assim afectando as águas subterrâneas e acumulação dos contaminantes no solo.

A água é usada para o resfriamento da barra do alumínio, armazenada no tanque de 200 m³ e descarregada no interior da fábrica quando cheio. Pela actividade, ela apresentou-se turva e com presença de sólidos totais dissolvidos, não apresentando características ideais para a descarga no meio ambiente sem o tratamento prévio. Nas ideias de Balate (2022), os efluentes líquidos apresentam características predominantemente inorgânicas como (metais pesados, substâncias químicas, limalha de ferro etc.) e pela lei de águas 16/91 artigo 61, as águas residuais não podem ser evacuadas sem o tratamento prévio quando, no estado bruto possam afectar o bom funcionamento da rede pública de saneamento ou das instalações de depuração.

5.8.2. Efluentes gasosos

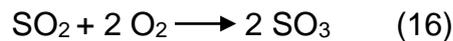
Os poluentes gasosos são decorrentes do vapor da fusão, vazamento dos metais e do material particulado disperso na atmosfera e a queima de combustíveis fósseis. Tem como consequência a libertação de emissões gasosas contendo, por exemplo partículas de CO, SO₂ e NO_x e as elevadas temperaturas necessárias para o processo bem como os consumos energéticos são os principais problemas causadores de impacto ambiental (Ferreira, 2010).

No que diz respeito a actividade de refundição dos retornos são emitidos os: CO, NO_x, SO₂ e HC, também ocorre a emissão de ruído, poeiras e material particulado. Estes poluentes são transportados para longas distâncias através das massas de ar, dependendo do tamanho das partículas, peso, ventos e chuvas. No pensamento dos autores Domingos *et al.*, (2013), são emitidos os seguintes poluentes:

CO - É um gás precursor do dióxido de carbono e por consequência contribui para o aumento de concentração deste gás de efeito estufa. Resulta sobre tudo da combustão quimicamente incompleta dos combustíveis, é principalmente produzido durante a operação dos fornos.

NO_x - São gases muito comuns em processos de combustão resultando da interacção entre o nitrogénio e o oxigénio a temperaturas elevadas nas operações dos fornos. São responsáveis pelas fumaças e chuvas ácidas.

SO₂ - É um produto de combustão incompleta de enxofre que é resultante nas actividades dos fornos. Quando em contacto com oxigénio oxida-se formando o trióxido de enxofre (SO₃) e em contacto com água transformam-se em ácidos, o que proporciona as chuvas ácidas gerando assim problemas para as plantas, animais, solo e água. As eq (16 e 17) mostram a obtenção das chuvas ácidas



HC - Resulta da queima tecnicamente incompleta dos combustíveis na operação dos fornos e nas máquinas de extrusão.

Calor - O calor é uma forma de poluição atmosférica por energia, que ocorre por causa da emissão de gases a altas temperaturas para o meio ambiente.

5.8.3. Resíduos sólidos

5.8.3.1. Resíduos resultantes do processo de produção

A Figura 18, ilustra os resíduos sólidos resultantes no processo de produção.



Figura 18: As alíneas a, b,c,d,e,f, representam os resíduos resultantes no processo de produção.

Durante o período da monitoria verificou-se que não existe o tratamento prévio dos panos contaminados por óleos que são usados para lubrificar o *will* e constatou-se que, não é feita a segregação dos resíduos de diferentes categorias, Figura 18.

Segundo o decreto nº 13/ 2006 de 15 de Junho, artigo 9, afirma que as entidades geradoras de resíduos, devem criar condições de minimizar a produção de resíduos em qualquer categoria, garantir a segregação das diferentes categorias de resíduos, o tratamento desses resíduos antes da sua deposição.

5.7.3.2. Escória de alumínio

A escória de alumínio é considerada um resíduo de classe I, e durante o período de monitoria produziu-se se 126 001kg.

5.7.3.2.1. Local do armazenamento da escória

A escória de alumínio, depois de ser retirada nos fornos, ela é colocada nos *bins* para o arrefecimento, e posteriormente é encaminhada para o local de armazenamento sem nenhum tratamento prévio como pode ser observado na Figura 19.



Figura 19: Retirada da escória do forno e armazenagem.

Onde: 1) formação da escória, 2) transporte da escória 3) Armazenamento da escória e 4) emissão de pó ao ambiente.

Os resultados da composição química da escória do alumínio pelo método de Florescência de raio x (XRF) mostraram a presença de Al, Si, Ca, Fe, Ti, Cl, Mn, Pb, Br, alguns em teores altos e outros como elementos traços, como pode-se observar no apêndice 20. Os metais não são biodegradáveis e são bioacumuláveis e biomagnificáveis. A sua toxicidade no solo depende da sua biodisponibilidade e a sua presença no solo altera o PH levando o mesmo a acidificação.

Muitos processos deletais sofridos pelas plantas são devido a presença desses metais no solo pois as raízes das plantas são a zona de contacto primários com os poluentes no solo e presença de Pb, Zn, Cr, Cu, interfere nos processos fisiológicos das plantas tais como: Fixação do CO₂, respiração e absorção de nutrientes (Oliveira, 2014).

O Decreto 13/2006 artigo 9, afirma que deve ser feito o tratamento dos resíduos antes da sua deposição e os autores Diniz e Oliveira (2009), apontam que os metais classificados neste grupo (I) devem ser tratados adequadamente e destinados em locais próprios. Outro aspecto observado resultante dessa acção é o arrefecimento da escória ao ar livre, assim a energia interna contida na escória é desperdiçada para o meio ambiente em forma de calor.

Nos dias de chuva o alumínio contido na escória, reage com a água formado o hidróxido de alumínio, ver eq (18). Pelos processos de escoamento superficial os metais contidos na escória podem contaminar os recursos hídricos e assim prejudicando o ecossistema aquático bem como a saúde do Homem.



5.9. Medidas de Mitigação

Dos possíveis impactos traçados, propôs-se medidas de mitigação que foram alistadas nas tabelas 13 e 14 para a empresa e para o ambiente respectivamente.

5.9.1. Para a Empresa

Com o objectivo de melhorar a performance da empresa foram arroladas medidas para a melhoria de produtividade conforme apresentado na tabela 13.

Tabela 13: Medidas de mitigação para a melhoria da produtividade na Empresa Midal Cables Lda.

Sector	Medida
Controlo da fonte	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de programa de Manutenção preventiva, diários dos equipamentos de modo a evitar as paragens não programadas; • Realizar a limpeza dos fornos em cada ciclo de produção; • Regulagem correcta dos parâmetros operacionais dos equipamentos; • Realizar o processo de desgaseificação no forno <i> Holding Fornace</i> (HF₁); • Adaptar técnicas de medições diárias da humidade do Ar no sector de produção;
Educação e treinamento	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitação dos funcionários nas boas práticas operacionais dos fornos; • Maior controlo no cumprimento de procedimentos operacionais.

5.9.2. Para o ambiente

Na Tabela 14, foram descritas de forma detalha as medidas de mitigação para os aspectos ambientais.

Tabela 14: Medidas de mitigação dos aspectos ambientais identificados no processo produtivo.

Aspecto Ambiental	Medidas de mitigação
Efluentes indústrias	<ul style="list-style-type: none">• Manutenção regular dos equipamentos de modo a evitar as fugas;• Desenvolver pesquisas em parceria com a academia que vise o reaproveitamento e tratamento dos efluentes industriais;• Implementar técnicas de separação da emulsão , óleo e água recuperando o óleo para a reutilização e tratamento de água para o descarte seguro.
Resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none">• Segregação consoante o tipo de resíduo em recipientes codificados e a deposição em aterros sanitários.
Efluentes gasosos	<ul style="list-style-type: none">• Lavagem dos gases de exaustão usando um pulverizador água;• Uso de combustíveis menos nitrogenados;• Adaptar um sistema de controlo ou filtros isolado nas chaminés para a retenção do so_x e material particulado;• Optimização química dos processos de combustão.
Escória do alumínio	<ul style="list-style-type: none">• Produção de elementos de construção utilizando a escória como material alternativo;• Utilizar a escória em projecto de sustentabilidade para investigar o seu uso como um material de construção, como um agregado para concreto a pavimentação de estradas auxiliando desta forma na qualidade das estradas do país;• Reaproveitamento do alumínio contido na escória como matéria-prima.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Foi possível analisar a produtividade e eficiência dos fornos da Empresa Midal Cables Lda, na Província de Maputo, bem como os seus impactos na qualidade dos produtos tendo-se constatado o seguinte:

As operações unitárias envolvidas para a produção dos cabos eléctricos na Empresa MCL, Província de Maputo são compreendidas em: Refundição, moldagem, auto-cisalhamento, extrusão, têmpera, carregamento e armazenagem.

Os fornos utilizados para a produção dos cabos eléctricos na empresa são: HF₁ tem a capacidade de 55 t e possui 4 queimadores e os fornos TF₁ e TF₂ apresentam a capacidade de 25 t e possui 4 queimadores. Concluiu-se que o TF₁ é mais produtivo e eficiente em comparação com TF₂, pois o tempo de ciclo é menor.

A escória de alumínio, o consumo de gás natural, e as paragens não programadas foram consideradas como os principais indicadores relacionados com a perda de produtividade e eficiência nos fornos.

O índice de produtividade obtida na monitorização I e II foi de 35980 kg/semana e 39130 kg/semana respectivamente. E a eficiência obtida nas monitorizações I e II no forno TF₁ foi de 63.9 % e no TF₂ foi de 61.64 %.

O indicador de eficiência global dos equipamentos demonstrou oportunidades de melhoria nos índices de disponibilidade, rendimento e qualidade.

Verificou-se que a composição química acima das especificações desejadas, a presença de impurezas no metal líquido, as altas temperaturas operacionais e os factores humanos contribuíram para a obtenção dos produtos não conformes.

Em suma, consoante aos objectivos traçados e resultados obtidos valida-se a **Hipótese Alternativa (H1)**, que afirma que a eficiência e a produtividade dos fornos da Empresa Midal Cables Lda apresentam impacto relevante na qualidade dos produtos.

6.2. Recomendações

Com base nas conclusões obtidas no presente trabalho seguem-se as seguintes:

Para a Empresa

- Analisar a influência dos processos de arrefecimento dos varrões de alumínio na qualidade dos produtos.
- Realizar o pré-tratamento das sucatas antes da fundição melhoraria a qualidade dos produtos.
- Melhorar os processos de controlo de qualidade do metal fundido e dos produtos obtidos.
- Realizar ensaios laboratoriais da escória do alumínio de modo a verificar a eficiência na remoção de impurezas.

Para os trabalhos futuros

- Estudar técnicas do aproveitamento do alumínio contido na escória, e propor uma optimização do forno que vise melhorar os indicadores de produtividade e de eficiência nas operações de fundição.
- Determinar a composição química das efluentes indústrias (emulsão e água) e comparar com os padrões nacionais para o descarte de efluente vigente.
- Desenvolver processos para utilizar a escória de alumínio na fabricação de materiais cerâmicos e refratários.

6.3. Limitações

- Não foi possível determinar a concentração dos efluentes gasosos como: CO, NO_x, SO₂, HC devido a falta de equipamentos disponíveis.
- A empresa, não faz o registo do caudal mássico do Ar empregue na reacção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALENCAR, J. V. C., OLIVIERA, A. P. D. (2003). Otimização do processo de fusão de Arco e redução de energia eléctrica do forno eléctrico a Arco.
2. ALMEIDA, M. R., MARIANO, E. B., REBELATTO, D. A. N. (2006). Princípios básicos para uma proposta de ensino sobre análise por involuntária de dados, Anais.
3. ALMEIDA, T. H.T. (2009). Análise e Melhorias do consumo do gás natural numa fábrica de fusão de alumínio: Universidade federal de Pernambuco centro de tecnologias e geociências, departamento de Eng. Mecânica, p.39.
4. ALVES, L. V. (2018). Produtividade verde-social em uma indústria de esquadrias de alumínio, Universidade federal da paraíba, p.24-28, Brazil.
5. ALVES, N. (2010) . Contributos para a delimitação do fim dos processos de Inserção profissional, Brazil.
6. ARRAUJO, F. R., SOUZA, M. M. (2018). Medição da eficiência produtiva em empresa de manufatura : Uma revisao da literatura , *Revista de administração e Inovação.*, v.15, n.4, p.258-277, São paulo.
7. BALATE, I . F. (2022). Avaliação dos impactos sócio-ambientais resultantes da extração de inertes com licença 8159 CM- arreiro Jóse chichongue distrito de Moamba, provincia de Maputo.
8. BARBOSA, V. B. (2019). Análise de uma planta de recuperação de calor da escória através da modelagem de um trocador de calor contracorrente de leite fixo - Univercidade católica do rio de janeiro, Rio de janeiro.
9. BELTRAMI, M., SOUZA, G. S. (2012) . Princípios de tecnologia industrial, *Rev. e-Tec rede.*, Curitiba.
10. BERGAMO, B., PAULO, S.T., MENDEIROS, G. A., RIBEIRO, A. I. (2012) . Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de uma indústria de fundição na região metropolitana de campinas, Brasil.
11. CAMARGO, W.F. (2014) . Estudo do processo de desgaseificação por nitrogénio da liga de aluminio SAE 306 na fundição sob pressão, Caxias do Sul.
12. CAMPOS, K. S. (2011) . Síntese e caracterização de materias antioxidantes a base de boro via processo sol-gel e redução metalométrica para a prevenção da oxidação de materias refrátarios, Belo Horizonte.

13. CARLOS, G. A. M. (2002). Contaminação industrial pelos resíduos sólidos perigosos : Relação com a saúde humana na baía de Guanabara, Rio de Janeiro.
14. CORREIA, M. A. S. (2016). Eficiência energética na indústria da fundição, ISEP, Portugal.
15. CRUZ, L. G. (2009). Manutenção produtiva total : Implementação numa fundição de alumínio.
16. DERMACHI, V., HATAYAMA, K., SOUZA, F. A. (2007). Indicador de produtividade de ativos - Ferramenta de auxílio no custeio da qualidade, ENEGEP, Brasil.
17. DIAS, L. (2013) . Estudo e otimização do processo de fusão da SLM, Brasil, p.90.
18. DINIZ, A. G. F., OLIVEIRA, I. L. (2009). Influência das fontes de Alumínio Secundário na geração de escória : Uma análise estatística, *Revista Produção*, v. 9.
19. DOMINGOS, L., TSAMBA, A. J., BANDEIRA, S., JOÃO, L. M., COLUA, E., AMÉRICO, A. (2013). Estudo de impacto ambiental (MCL), Maputo.
20. FERREIRA, A. D. B. L. (2018). Resumo de processos de fabrico.
21. FERREIRA, T. S. C. (2010) . Identificação e análise dos parâmetros de operação de um forno de fusão de vidro e a sua influência nas emissões de Nox , Porto.
22. FILHO, F. A. O. (2010) . Aplicação do Conceito de produção limpa: Estudo em uma Empresa Metalúrgica do sector de transformação do Alumínio, Brasil.
23. FORTES, A. G., MUTENDA., F. M., RAIMUNDO, B. (2019). Energias Renováveis em Moçambique: Disponibilidade, geração, uso de tendências futuras, *Revista Brasileira Multidisciplinar.*, v.23, n.1. Brazil.
24. GUEDES, A. M. M. (2017). Avaliação energética do forno de fusão AV5, *Rev. ISEP*.
25. GUTERRES, A. M., OLIVEIRA, C.A.L., SANTOS, C. A. (2019). Influência da composição química , porosidade e envelhecimento nas propriedades mecânicas de ligas Al-si-Mg fundidas, v.16.
26. GTK, C. (2006). Notícia explicativa/ Map explanation., v.1. Moçambique.
27. HENRIQUES, R. F. (2012) . O currículo para a inclusão de deficiente intelectual, Brazil.
28. JONH, A. L. (2009). Melhorias no desempenho de injetores supersônicos em operação em um forno elétrico a Arco. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Eng. Universidade federal do rio grande do Sul, p.20.

29. JÚNIOR, J. C. L. (2007). Simulação numérica de um forno de reaquecimento, Recife.
30. JÚNIOR, S. S. (2016). Estudo de viabilidade técnica do refino primário para uma mini-aciaria de 150.000 toneladas, Ouro Preto.
31. LAMEU, E. A., RUIZ, A. V. (2011). Fornos na fundição, Brasil.
32. LIMA, A. C. S. (2011). Inovação no sector de fundição : Impacto ambiental e energético.
33. Lei n ° 20 (18 de Agosto de 2014). Lei de minas, República de Moçambique, Maputo.
34. LEI n ° 20 (1 de Outubro de 1997). Lei do Ambiente, República de Moçambique
35. LEI de águas (16/91). República de Moçambique , Maputo.
36. MAE. (2005). Perfil do distrito de boane, Maputo.
37. MARCUS, F. D. F. (2010). Desenvolvimento do processo de vazamento em coquilhas rotativas, Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, p.81.
38. MARIANO, E. B. (2014). Conceitos básicos de análise de eficiência produtiva, Brazil.
39. MATOS, A. P. M. (2021). Estudo e caracterização das cascas de coco-verde e coco-seco para produção de brinquetes e utilização em equipamentos de combustão.
40. MATTE, C. R., GINASSINI, P. D., THOMAZ, M. R., SCHMIDT, I. (2018). Análise e otimização de um pequeno forno de fundição, v. 2, p. 40-42.
41. MAURICÍO, T.C. (2016) . Construção de um forno cadinho fixo de baixo custo para fundir metais não ferrosos.
42. MENDES, P. A. R. (2014). Desenvolvimento de cabos eléctricos de alumínio reforçados com fibras para aplicações em cabos de alta tensão.
43. MERKLE, A. (2018) . Análise da qualidade de energia, Lages.
44. MICHELS, A., SILVA, J. C. (2014). Melhorias de eficiência energética nos ventiladores do forno de reaquecimento, Brazil.
45. MONTAGNA, G. P. (2018) . Aplicação de um método numérico computacional desenvolvido para otimização do custo da carga metálica em fundições, Porto Alegre.
46. MORO, N., A, A. P. (2007). Processos de fabricação: Fundição, Brazil.

47. MORE, A. S. (1998). Processo Industriais, Brazil.
48. MOURÃO, M.B., GENTILE, E.F., SILVA, G.F.B.L., BOLOTA, J.R., GONCALVES, M., FACO, R.J. (2007). Introdução a Siderurgia, *Rev. associação Brasileira de Metalurgia e Materiais*, Brasil.
49. MUSSKOPF, E. A. (2018). Implementação de melhorias para o aumento da eficiência produtiva em uma indústria de alimentos de pequeno, Lajeado.
50. NAVAL, M. (2004) . *Materias Metálicos*, v.3.
51. OLIVEIRA, B. F. (2013). Fundação, Brasil.
52. OLIVEIRA, E. S. (2016). Diagnóstico ambiental de uma empresa de produção de alumínio secundário, Portugal.
53. OLIVEIRA, G. N. (2015) . Eficiência e produtividade nos processos de injeção e sopro da indústria de plásticos Monrizzo, Santa Rosa, p.98-99.
54. OLIVEIRA, M. J. C.(2014). Ecotoxicologia do alumínio nos solos ,águas e plantas nas lagoas de sedimentação de alvarães, p.6-22.
55. PANGUEIA, P. D. (2010) . Impactos Sócio-ambientais das Indústrias no posto administrativo de Matola- Rio distrito de Boane.
56. PEIXOTO, N. H., AITA , J. C. L. (2013). Tecnologias e processos industriais, *Revista e-Tec*, Santa Maria.
57. PEIXOTO, E. M. A. (2001) . Elemento químico Silício, São paulo.
58. PIMENTA, A. A. S. (2017). Influencia dos teores de Mg, Sr e Ti nas propriedades mecânicas da liga de alumínio A319. Centro de federal de educação tecnologica de minas gerais , Belo Horizonte.
59. PINTO, N. G., CORNEL, D. A. (2017). Eficiência e eficácia na administração: proposição de modelos quantitativos, v. 6, n. 11, Brazil.
60. PINTO, R. M. A. (2015). Manutenção na produção de cabos elétricos: Caracterização e Implementação de melhorias.
61. SANCHEZ, L. E. (1999). As etapas Iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental: Goldenstein, avaliação de impacto ambiental, São Paulo.
62. SANTOS, J. M. D. (2013). Comparação entre rotas tradicionais de beneficiamento de minérios para a concentração de alumínio metálico em escórias, Ponta grossa.
63. SANTOS, M. D. T. (2019). Avaliação dos impactos socioambientais causados pela da extração de areia utilizada na construção civil, no município de são cristovão(SE).

64. SANTOS, P. V. S. (2018). Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE): um estudo de caso numa retífica e oficina Mecânica, *Rev. Virtual Quim.*, v.4, p.15.
65. SEBASTIÃO, A. P. (2013) . O Modelo da Electrificação de Moçambique : A importância do combate a desfloresção no meio rural, Lisboa.
66. SERRA, C. (2007). Coletânea de Legislação do Ambiente, Brazil.
67. SHINZATO, M. C. (1999) . Comportamento de ions metálicos associados a rejeitos de indústria de reaproveitamento de alumínio e ligas metálicas em solos sedimentares e águas, São Paulo.
68. SILVA, C. A. (2013). Gerenciamento de resíduos, Curitiba.
69. SILVA, D.H. (2016) . Projecto de um forno de resistência eléctrica para a fundição do alumínio, Alejandro.
70. SILVA, D. H., GARCEZ, T. V. (2017). Avaliação do índice de eficiência global do equipamento (OEE) em uma empresa de produtora de massas alimenticias sob a óptica dos números afauzzy.
71. SILVA, G. A. V. (2020) . Utilização de fluorência de raios x (XRF) para a caracterização expedita de solos contaminados por metais pesados : A plicação a obra de construção civil para a identificação em tempo real de residuos perigosos, Universidade de Lisboa ,Faculdade de ciências , Departamento de geologia, Portugal.
72. SILVA, D. H. (2016). Projecto de um forno a resistência eclétrica para fundição de alumínio, Lajado.
73. SILVA, J. N .S. (2011). Siderurgia : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica , v. 2.
74. SILVA, P. H. E. (2015). Influência da liga Al -Ti na estrutura de solidificação de uma peça fundida, Belo Horizonte.
75. SOARES, G. A. (2000). Mercado, Processos e Metalurgia .
76. SOUSA, B. A. T. (2012). Factores que influenciam a produtividade dos trabalhadores.
77. SOUSA, G. S. (2012). Princípio de tecnologia industrial, Pró-reitoria de planejamento e desenvolvimento institucional, Brasil.
78. SOUZA, S. B. (2013). Apostilha de fornos : Curso de equipamentos- fornos, Brazil.
79. SUTTON, J. (2014). Mapa Empresarial de Moçambique, pag.155

80. SWILIKES, G. R. (2005). Impactos ambientais e sociais da cadeia produtiva de Alumínio na Amazônia-Ferramentas para os trabalhadores ,comunidades e os activistas, Brazil.
81. TAVARES, L. R. (2009). Estudo de eficiência energética em fornos de percussão, Brazil.
82. TEIXEIRA, E. J. A. (2014) . Eficiência operacional : Análise , quantificação e Melhoria FEUP, Portugal.
83. TOCCHETTO, M. R. L. (2005). Gerenciamento de resíduos sólidos industriais, Brazil.
84. TORRES, S. E. (2010). A competitividade da indústria brasileira do alumínio: Universidade Federal da Bahia (Faculdade de ciências económicas), Salvador.
85. VALENTIM, A. R., OLIVEIRA, I. L. (2011). Reciclagem de folhas de alumínio em forno elétrico a indução, *Rev. Gestão indus.*, v. 07, p. 219.
86. VIANA, A. N. C., BORTON, E. D. C., NOGUEIRA, F. J. H., HADDA, J., NOGUEIRA, L. A. H., VENTUÁRIO, O. J., YAMACHITA, R. A. (2012). Eficiência energética: Fundamentos e aplicações, 1 ed., Campinas.
87. ZORDÃO, L. H. P. (2015). Estudo da Influência dos tipos de sucata nos fornos de refusão de Alumínio , Lorena.

ANEXOS

Anexo 1: Credencial emitida a Empresa MCL


Faculdade de Engenharia

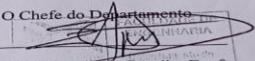
A:
Empresa MIDAL CABLES, Lda

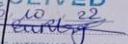
MAPUTO Data: 06/10/2022

CREDENCIAL

No âmbito do trabalho de culminação do Curso de licenciatura em Engenharia do Ambiente, é credenciada a estudante finalista **Maria Albino Monjane**, para se apresentar a empresa MIDAL CABLES, Lda, a fim de recolher dados do seu trabalho de licenciatura, com o tema "*Avaliação da Produtividade e Eficiência do Forno da Empresa MIDAL CABLES, seus Impactos na Qualidade dos Produtos e no Meio Ambiente*", sob a supervisão do Prof. Esneider Rodrigues Suarez, docente do Departamento de Química – Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane.

Sem mais de momento, aproveitamos a ocasião para endereçar os nossos melhores cumprimentos.

O Chefe do Departamento

Prof. Doutor Estêvão Pondja, Eng.^o
(Professor Auxiliar)

RECEIVED
DATE: 06/10/22
Sign: 
MIDAL CABLES INTERNATIONAL LDA

Av. de Moçambique, Km 1,5, C. Postal 257, Tel.: (+258) 21 475315, Fax.: (+258) 21 475311,
Maputo – Moçambique

Anexo 2: Credencial emitida ao Departamento de química


Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Química

Ao
Departamento de Química
Faculdade de Ciências - UEM

Maputo Maputo, 18 de Outubro de 2022

CREDENCIAL

No âmbito de realização do trabalho de Licenciatura subordinado ao tema: "*Avaliação da produtividade e eficiência do forno da Empresa MIDAL CABLES, seus impactos na qualidade dos produtos e no Meio Ambiente*", credenciamos a estudante finalista **Maria Albino Monjane**, do curso de Engenharia do Ambiente, afim de realizar ensaios granulométricos e ensaios químicos pelo método de fluorescência do raio X do alumínio fundido na produção dos cabos eléctricos da Empresa MIDAL CABLES sob supervisão do Prof. Esneider Rodrigues Suarez docente do Departamento de Química e Prof. João Fernando Chidamoio, do Departamento de Engenharia Química.

Sem mais de momento, aproveitamos a ocasião para endereçar os nossos melhores cumprimentos.

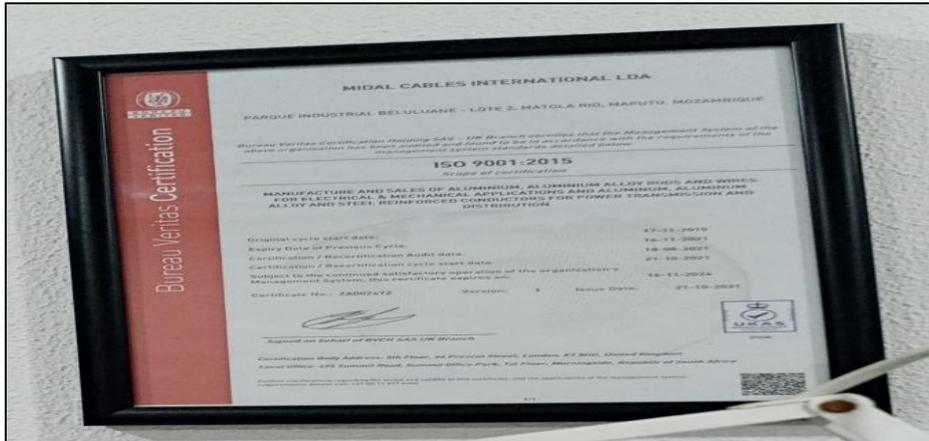
O Chefe do Departamento

Prof.º Doutor Estêvão Pondja, eng.^o
(Professor Auxiliar)

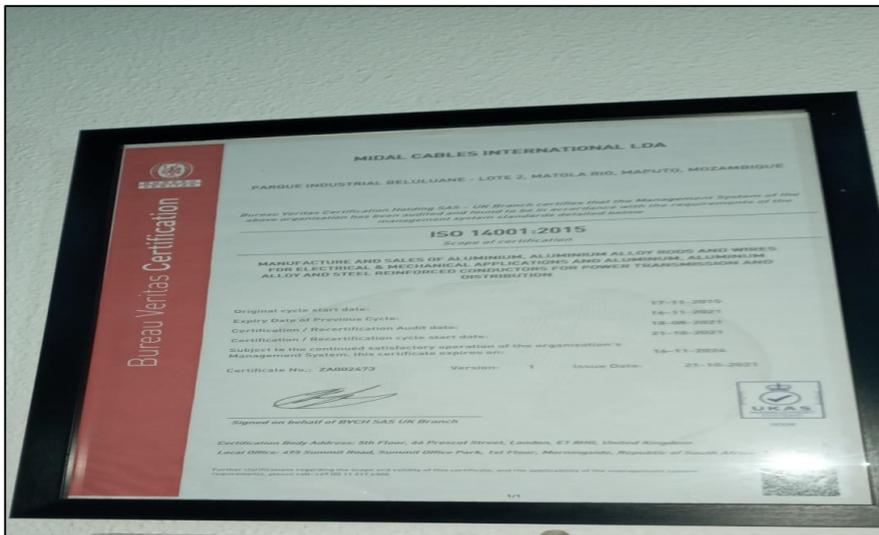

21.10.22

Av. de Moçambique, Km 1,5, C. Postal 257, Tel.: (+258) 21 475315, Fax.: (+258) 21 475311,
Maputo – Moçambique

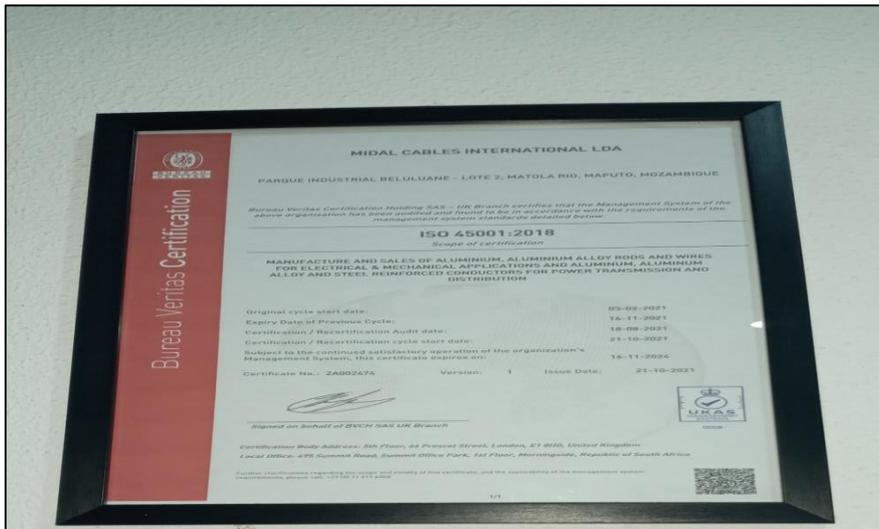
Anexo 3: Certificação de qualidade 9001



Anexo 4: Certificação do ambiente



Anexo 5: Certificação do ambiente



Anexo 6: Chemical composition limits for Ec Grade

Elements (%)	Minimum	Maximum REA
Si	-	0, 100
Fe	-	0,250
Cu	-	0, 020
Mn	-	0,010
Mg	-	0, 020
Zn	-	0,030
Ti	-	0,020
Cr	-	0,010
Na	-	0,020
B	-	0,020
V	-	0,020
GA	-	0, 030
Al	99, 70	

Anexo 7: Procedimentos operacionais padrão (temperatura)

0001501

DATE: _____ LINE NO: _____ SHIFT: _____

COIL NO. _____
 ALLOY GRADE _____
 ROD TENSILE _____
 ROD CONDUCTIVITY _____
 PRE-HEATER SETTING % _____

HOLDING FURNACE
 Temperature Max - 800°C
 Min - 700°C

TILT FURNACE
 Temperature Max - 750°C
 Min - 700°C

SHIFT
 Temperature Max - 700°C
 Min - 600°C

CASTING MACHINE
 A RPM _____

Tilt Rod Feeding C/MMin _____
CASTING MACHINE
 Cooling System Max - 40°C
 Min - 30°C

B. Casting mould
 Temperature Max - 80°C
 Min - 40°C

C. Steel Bath
 Temperature Max - 510°C
 Min - 470°C

CAST BAR TEMPERATURE
 At Casting Machine Max - 510°C
 Min - 470°C
 At Rolling Machine Max - 550°C
 Min - 500°C

ROLLING MILL
 A. Roughing Mill (RPM) _____
 B. Finishing Mill (RPM) _____

ROLLING MILL
EMULSION SYSTEM Max - 70°C
 Min - 40°C

Roughing Mill Emulsion Pressure _____
Finishing Mill Emulsion Pressure _____
Quench Emulsion Pressure _____
Quench Emulsion Temperature _____

Rod Temperature Max - 70°C
 Min - 20°C

Rod Line: Tonnage / Hour _____
Rod Surface Dry after quenching
 YES or No _____

OPERATOR ID NO. _____
NAME OF OPERATOR'S: _____

EMULSION
 - CONCENTRATION _____
 - TYPE OF OIL _____

SIG. SHIFT SUPERVISOR _____
 MCL-C4-4

Anexo 8: Carta de estágio

Midal Cables Mozambique

DE: Administração e Recursos Humanos
 PARA: Sra. Maria Albino Monjane
 DATA: 05.05.2023

Assunto: Relatório de Estágio

A Midal Cables International Lda, uma empresa multi-nacional vocacionada na produção de varões e fios condutores de alumínio com sede no Parque Industrial de Beluane, L-2, Matola, com o NUIT N° 40040858, representada neste acto pelo senhor, **Vinay Kumar Rana**, na qualidade de Director Geral Interino, de nacionalidade Indiana, portador do Dire n° 101N00008110Q vêm pela presente, declarar que o Sra. **Maria Albino Monjane**, estagou na empresa Midal Cables International, mais especificamente no Departamento da **Produção**.

O estágio em causa teve a duração de 1 mês e duas semanas, e teve início no mês de Dezembro de 2022 até Janeiro de 2023.

Durante o período de estágio na Midal Cables Lda, o Sra. **Maria Albino Monjane**, mostrou-se bastante empenhado, esforçado, dedicado e pontual à todas actividades que lhe foram atribuídas. Desempenhou com profissionalismo e dedicação todas as suas funções, procurando sempre pautar pela eficiência e eficácia nas suas actividades, apresentando-se pontual e oportunamente aos planos de optimização das suas actividades; Provou ser um colaborador competente, profissional, pró-activo, pronto a novos desafios e com vontade de aprender.

Neste período de estágio o Sra. **Maria Albino Monjane** pautou pelo bom desempenho, assiduidade e demonstrou uma capacidade excepcional de aprendizagem, análise crítica, o que permitiu-lhe desenvolver habilidades em análise dos parâmetros operacionais dos fornos tais com: Temperatura de carregamento de metal e descarga, quantidade produzida e rejeitada, análises laboratoriais, determinação dos resíduos sólidos gerados, medição de gases de exaustão, ruído e metal particulado.

Parque Industrial Beluane,
 L-2, Matola (Mo) - Matola - Mozambique
 NUIT: 40040858
 T +258 21 757 400
 F +258 21 757 401
 E midal@midadcables.com
 www.midadcables.com

Certified by
 ISO 9001
 ISO 14001
 ISO 45001

APÊNDICES

Apêndice 1: Guião de Observações

1. Familiarização com a planta geral da Empresa.
2. Observação das operações unitárias envolvidas na produção dos cabos eléctricos.
3. Observação dos impactos ambientais resultantes do processo.
4. Observações sobre o número dos equipamentos utilizados.
5. Observações nos funcionários, sobre o EPI, motivação e trabalho em equipa.
6. Constatações sobre os números de paragens de linha.

Apêndice 2: Guião de entrevista dirigida ao chefe do departamento de produção

1. Nome, área de formação, quanto tempo trabalha na empresa?
2. Quais são as características dos fornos?
3. Proveniência da matéria-prima e quais as condições operacionais dos fornos?
4. Que tipo de gás é usado e qual é o consumo diário do gás, água, emulsão?
5. Qual a temperatura óptima do carregamento e descarga do forno?
6. Qual é o destino final dos efluentes industriais?
7. Quais os principais problemas enfrentados no sector?

Apêndice 3: Guião de entrevista dirigidas aos colaboradores do sector de produção

1. Nome, quanto tempo na empresa?
2. Que tipos de fornos são utilizados e qual tipo de varrão que é produzido?
3. Qual é a temperatura de carregamento e descarga do forno?
4. Qual a produção diária estabelecida pela empresa e qual é o destino final da escória?

Apêndice 4: Guião de entrevista dirigida ao chefe do departamento de qualidade

1. Nome, área de formação, quanto tempo trabalha na empresa?
2. Quais são os produtos produzidos na Empresa?
3. Qual é o teor limite dos elementos presentes no alumínio líquido aceitável?
4. Quais os testes são feitos no alumínio líquido?
5. Quantos equipamentos tem o laboratório e as suas funções?
6. Qual é a duração de cada teste?
7. Quantos funcionários em cada turno?
8. Quais os critérios usados para aceitar e rejeitar os cólis?
9. Quais são as especificações para cada cliente?

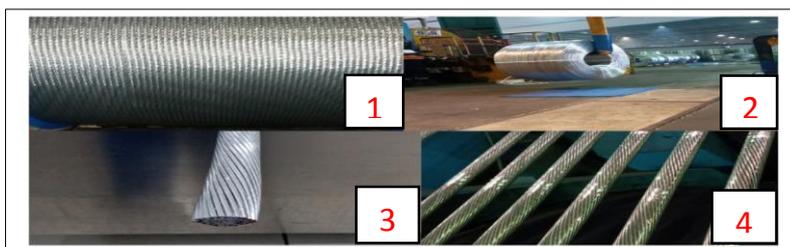
Apêndice 5: Lista dos documentos consultados

1. <i>Líquido metal log</i>	2. <i>Daily inspection Record</i>	3. <i>Production report</i>
4. Composição química do metal líquido	5. Composição química do produto final	6. Alloy elements addition weights
7. <i>Record sheet od natural gás consumption in plant</i>	8. Manual de produção e de fornos	9. Manual de manutenção de equipamentos.

Apêndice 6: Perfil organizacional da Empresa

Turnos da Empresa	Categorias de equipa de Produção
6.30h as 18.30h 18.30h as 6.30h	(1) Operador que recebe o metal, (1) Team Líder, (2) Operadores do casting, (1) operador de transferência do metal, (2) operadores na área da <i>OTT</i> .

Apêndice 7: Representação de alguns produtos produzidos na MCL



Fonte: Autora (2023), CBI (1), Varrão (2), Aloy 6201 (3), Comptct (4).

Apêndice 8: Critérios usados para Aprovação e Rejeição dos Produtos

Tabela A6-1: Aspectos físicos e químicos

<i>Aspectos físicos</i>	<i>Aspectos químicos</i>
1. Danos causados pela empilhadeira, enrolamento mal feito, pvc.	2. Tênsile fora dos padrões admissíveis pela empresa.
3. Arranhão profundo, diâmetro não desejado, <i>Coil</i> sem enrolação e excesso de greese.	4. Elongação, condutividade acima do valor limite e Teor elevado dos constituintes da mistura.

Apêndice 9: Especificações do cliente

Propriedades da haste	Valor
Tipo de cliente	<i>Mitsubishi Barcelona</i>
Tipo de varrão	<i>Ec grade alumínio rod H11</i>
Diâmetro	9.5mm
Tênsile	8.2 – 9.7
Elongação	19
Condutividade (%)	61.9
Quantidade	120 Coils e Plastic Belt

Apêndice 10: Monitorização da Temperatura de Carregamento e Descarga dos fornos

Tabela A10 -1: Monitorização I / Forno TF₁ e TF₂

Temperatura (°C)	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Temperatura de carregamento	750	765	755	765	758
Temperatura óptima	760	760	760	760	760
Temperatura de Descarga	750	788	740	790	790

Tabela A10 -2: Monitorização I/ Forno HF1

Temperatura (°C)	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Temperatura de carregamento	850	855	750	855	800
Temperatura óptima	800	800	800	800	800
Temperatura de descarga	790	875	890	780	800

Tabela A10-3: Monitorização II/ Forno TF₁ e TF₂

Temperatura (°C)	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Temperatura de carregamento	750	765	759	780	760
Temperatura óptima	760	760	760	760	760
Temperatura de descarga	788	780	788	798	780

Tabela A10- 4: Monitorização II/ Forno HF₁.

Temperatura (°C)	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Temperatura de carregamento	755	770	840	850	750
Temperatura óptima	800	800	800	800	800
Temperatura de descarga	750	800	840	850	890

Apêndices 11: Determinação da escória formada nos TF₁,TF₂, HF₁

Tabela A 11-1: Resultados da Monitorização I / Forno TF₁.

Forno 1	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Peso do alumínio fundido (Kg)	48180	48180	32120	64240	48180
Peso do fundente (Kg)	105	105	70	105	105
Peso do Al processado (Kg)	48285	48285	32190	64345	48285
Quantidade dos produtos (Kg)	45245	34695	28415	36417	46073
Escória inicial	3040	13590	3810	27928	2212
Alumínio recuperado (Kg)	40	30	20	50	70
Escória final (Kg)	3000	13560	3790	27878	2142
Tempo por fundição (min)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Nº de ciclos	3	3	2	4	3
Velocidade de linha (Km/h)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5

Fonte: Adaptado de (autora, 2024) dados recolhidos na Empresa.

Tabela A11-2: Resultados da Monitorização I / Forno TF₂.

Forno 2	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Peso do alumínio fundido (Kg)	48180	48180	32120	64240	32120
Peso do fundente (Kg)	105	105	70	105	105
Total carregado (Kg)	48285	48285	32190	64345	32225
Quantidade dos produtos (Kg)	35412	38956	21763	52712	30237
Escória inicial (Kg)	12768	9224	10427	11633	1988
Alumínio recuperado (Kg)	40	20	59	70	85
Escória final (Kg)	12728	9204	10368	11563	1903
Tempo de funcionamento (h)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Nº de ciclos	3	3	2	3	3
Velocidade de linha (Km/h)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5

Fonte: Adaptado de (autora, 2024) dados recolhidos na Empresa

Tabela A11-3: Resultados da Monitorização I/ Forno HF₁.

Forno HF₁	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Peso da sucata (Kg)	10000	-----	116080	10000	-----
Peso do Al líquido (Kg)	92030	57200	84400	140160
Peso de lingotes (kg)	62970	39160	*****	80600	*****
Peso total Al fundido (Kg)	165000	96360	116080	175000	140160
Peso total do banho (kg)	96360	96360	64240	128480	80300
Total transferido (kg)	80657	73651	50178	89129	76310
Escória Inicial (kg)	15703	22709	14062	39351	3990
Alumínio recuperado (Kg)	100	100	55	100	55
Escória final (kg)	15603	22609	14007	39251	9535
Tempo por fundição (min)	30	30	1.3	30	30
Número de fundições	6	6	4	8	5
Velocidade de linha (km/ h)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5

Legenda: (----), Dias em não se processou sucatas, (*****), Dias em que não se processou lingotes, (...), Dias em que não se processou alumínio líquido.

Tabela A 11-4: Monitorização II / forno TF₁

Forno TF₁	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Peso do alumínio fundido (kg)	48180	48180	48180	64240	48180
Peso do fundente (Kg)	105	105	105	140	105
Total carregado	48285	48285	48285	64380	48285
Quantidade dos produtos (kg)	47896	38553	47345	62770	44849
Escória inicial (kg)	389	9732	940	1610	3436
Alumínio recuperado (kg)	40	30	20	35	27
Escória final (kg)	349	9702	920	1575	3409
Tempo por fundição (h)	1.4	2.5	1.4	1.4	1.4
Nº de ciclos	3	3	3	4	3
Velocidade de linha (km/h)	9.5	7.5	9.5	9.5	9.5

Fonte: Adaptado de (autora, 2024) dados recolhidos na Empresa

Tabela A 11-5: Monitorização II / forno TF₂

Forno TF₂	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Peso do alumínio fundido (kg)	48180	32120	48180	48180	48180
Peso do fundente (Kg)	105	70	105	105	105
Total carregado	48285	32190	48285	48285	48285
Quantidade dos produtos (kg)	46942	21789	46902	47685	40624
Escória inicial (kg)	1343	10401	1383	600	343
Alumínio recuperado (kg)	35	40	20	25	40
Escória final (kg)	1308	10361	1363	575	303
Tempo por fundição (h)	2.1	3.5	2.1	2.1	2.1
Nº de ciclos	3	2	3	3	3
Velocidade de linha (km/h)	9.5	7.5	9.5	9.5	9.5

Fonte: Adaptado de (autora, 2024) dados recolhidos na Empresa

Tabela A11-6: Monitorização II/ forno HF₁

Forno HF₁	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Peso da sucata (Kg)	60000	-----	-----	24000	106789
Peso do Al líquido (Kg)	92950	60220	16500	71790
Peso de lingotes (kg)	13960	7000	*****	230260	*****
Peso do total Al fundido (Kg)	112910	67220	16500	121050	106789
Peso do banho obtido (kg)	96360	80300	96360	112420	96360
Total transferido (kg)	94838	60342	94247	110455	85473
Escória Inicial (kg)	1522	19558	213	1965	10887
Alumínio recuperado (kg)	60	100	55	50	120
Escória formada (kg)	1462	19458	158	1915	10767
Número de fundições	6	5	6	7	6
Tempo de fundição (min)	30	30	30	30	1.3
Velocidade de linha (km/ h)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5

Legenda: (---), Dias em não se processou sucatas, (*****), Dias em que não se processou lingotes (...), Dias em que não se processou processou-se alumínio líquido,

Apêndice 12: Determinação da produtividade e eficiência na Monitorização I e II

A12-1: Determinação da produtividade na Monitorização I para os fornos TF₁ e TF₂

Semana 1 (TF₁ e TF₂)	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Quantidade carregada (kg)	96570	96570	64380	128690	80510
Quantidade real produzida (kg)	80657	73651	52447	89129	76310
Quantidade esperada (kg) / carregamento do forno	22000kg				
Tempo total (h)	11	11	7	12	11
Produtividade (kg/dia)	7332.5	6695.5	7427.4	7492.4	6937.3

A12-2: Determinação da produtividade na Monitorização II para os fornos TF₁ e TF₂

Semana 2 (TF₁ e TF₂)	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Quantidade carregada (kg)	96570	80475	96570	112665	96570
Quantidade real produzida (kg)	94838	60342	94247	110455	85473
Quantidade esperada (kg)/ carregamento do forno	22000kg				
Tempo total (h)	11	12	11	12	11
Produtividade (kg/dia)	8621.6	5028.5	8567.9	9204.6	7770

Apêndice 13: Análise dos parâmetros operacionais com a qualidade

Tabela A13-1: Análise da qualidade na monitorização I no forno TF₁

Parâmetro	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Tipo de fundente	Boro	Boro	Boro	Boro	Boro
Quant. fundente (kg)	105	105	70	140	105
Elongação	17	15.7	17.5	15.6	17.9
Tênsile	9.2	9.8	12.6	12.9	11.9
Condutividade	62.0	62.1	60.9	60.6	61.4
Nº de ciclo	1,2	1	1,2	3	--
Quant dos rejeitados (Kg)	21653	8672	4356	2168	---

Legenda: (---), não se verificou produtos rejeitados em nenhum dos ciclos.

Tabela A13-2: Análise da qualidade na monitorização I no forno TF₂

Parâmetro	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
Tipo de fundente	Boro	Boro	Boro	Boro	Boro
Quantidade (kg)	105	105	70	140	70
Tênsile	12	12.1	12.4	12.6	11.2
Condutividade (%)	19.9	18	17	17.9	17.8
Elongação	62.0	62.4	60.6	62.0	60.9
Nº de ciclo	1,2,3	1,2,3	1	---	3
Quant. dos rejeitados (Kg)	15770	17384	2264	---	2220

Legenda: (---), não se verificou produtos rejeitados em nenhum dos ciclos

Tabela A13-3: Análise da qualidade na monitorização II no forno TF₁

Parâmetro	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Fundente	Boro	Boro	Boro	Boro	Boro
Quant. Fundente (kg)	105	105	105	140	105
Tênsile	11	9.9	12	12.3	12.4
Elongação	15	17	17.8	18	17.6
Condutividade (%)	60.9	60.6	60.4	61	62.0
Nº de ciclo	3	1	---	3,5	---
Quant dos rejeitados (Kg)	2166	2196	---	4198	---

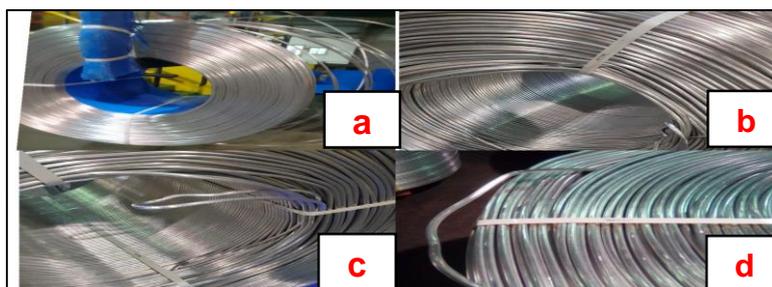
Legenda: (---), não se verificou produtos rejeitados em nenhum dos ciclos

Tabela A13-4: Análise da qualidade na monitorização II no forno TF₂

Parâmetro	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Dia 29	Dia 30
Fundente	Boro	Boro	Boro	Boro	Boro
Quant. Fundente (kg)	105	70	105	105	105
Tênsile	11.5	12	11.2	12.2	10
Elongação	15	17.8	18.5	12	18
Condutividade (%)	60.9	59.4	60.9	62	60.5
Nº de ciclo	2	----	1	--	----
Quant. dos rejeitados (Kg)	1997	----	2480	---	----

Legenda: (---), não se verificou produtos rejeitados em nenhum dos ciclos

Apêndice 14: Aspectos físicos observados param a rejeição dos produtos.



Apêndice 15: Determinação do indicador OEE

A16-1: Dados

Tempo total disponível	120h
Tempo de paragens não programadas	12h
Tempo de avarias	10h
Velocidade de produção teórica	9.5 Km/ h
Perdas de rendimento	8h
Paragens programadas	----
Total de peças produzidas	817549 Kg
Peças rejeitadas	87524 Kg

Legenda: (--) não verificada

1. **TPP = Tempo total disponível – Tempo de paragens programadas**

$$TPP = 120h - 0h = 120h$$

2. **TPR = Tempo total disponível – Paragens não planeadas**

$$TPR = 120h - 12h = 108h$$

3. **TO = Tempo produção real – Tempo de avaria**

$$TO = 108h - 10h = 98h$$

4. **TOL = Tempo operacional – Perdas de rendimento**

$$TOL = 98h - 8h = 90h$$

- **Determinação do Índice de Disponibilidade (IDI)**

$$IDI = \frac{\text{Tempo operacional}}{\text{Tempo de produção Planeado}} \times 100 (\%) = \frac{98 \text{ h}}{120 \text{ h}} = 81.67 \%$$

- **Determinação do índice de Rendimento (IRE)**

$$IRE = \frac{\text{Tempo operacional líquido}}{\text{Tempo operacional}} \times 100 (\%) = \frac{90 \text{ h}}{98 \text{ h}} = 91.2\%$$

- **Determinação do índice de qualidade (IQA)**

$$IQA = \frac{\text{Produção total} - \text{Produção defeituosa}}{\text{Produção total}} \times 100 (\%) = \frac{817549 \text{ Kg} - 87524 \text{ kg}}{817549 \text{ kg}} = 89.3 \%$$

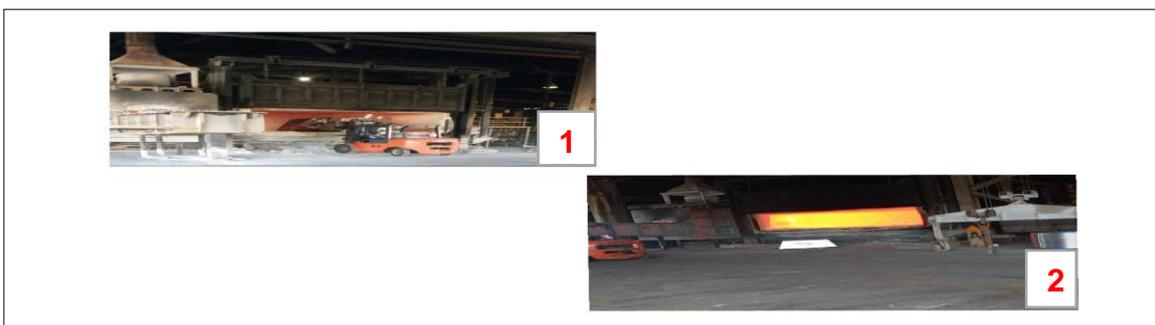
OEE = Índice de disponibilidade × Índice de rendimento × Índice de qualidade
OEE = 81.67% × 91.2% × 89.3 % = 66.5

Apêndice 16: Processos de limpeza dos fornos (remoção da escória).



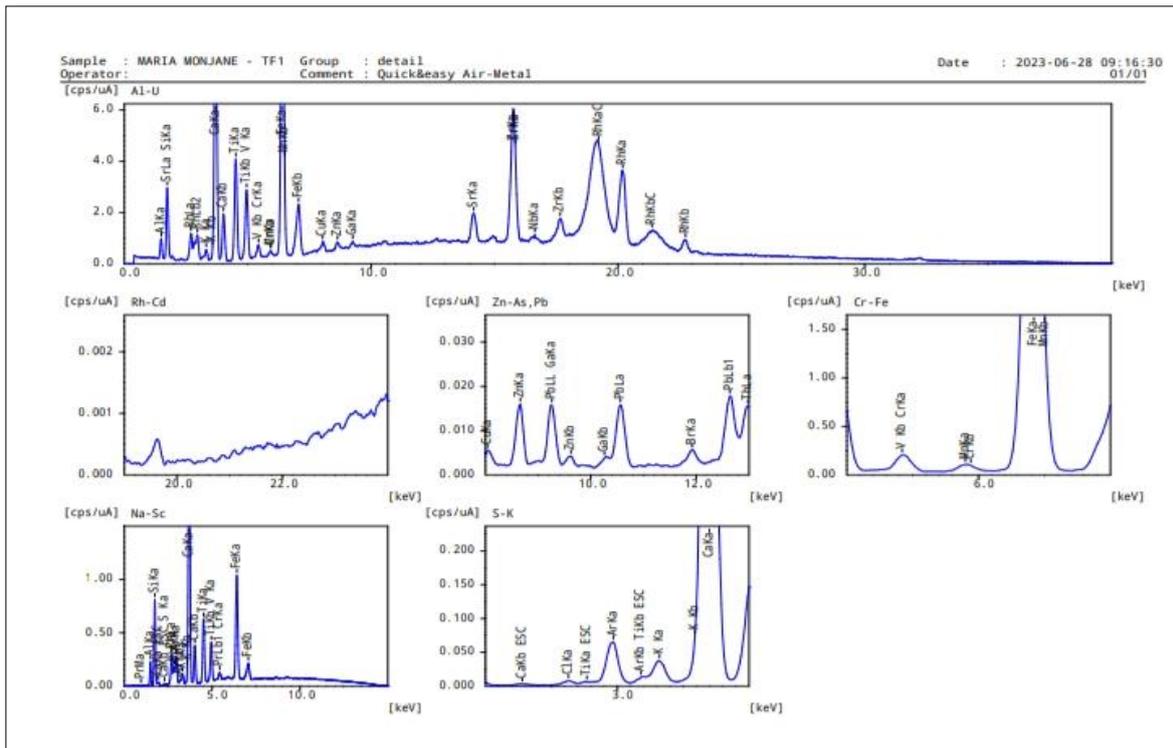
Fonte : 1 - Remoção da escória no forno TF₁ e 2 - Remoção da escória no forno TF₂ , Autora (2024).

Apêndice 17: Processo de adição das sucatas no forno.

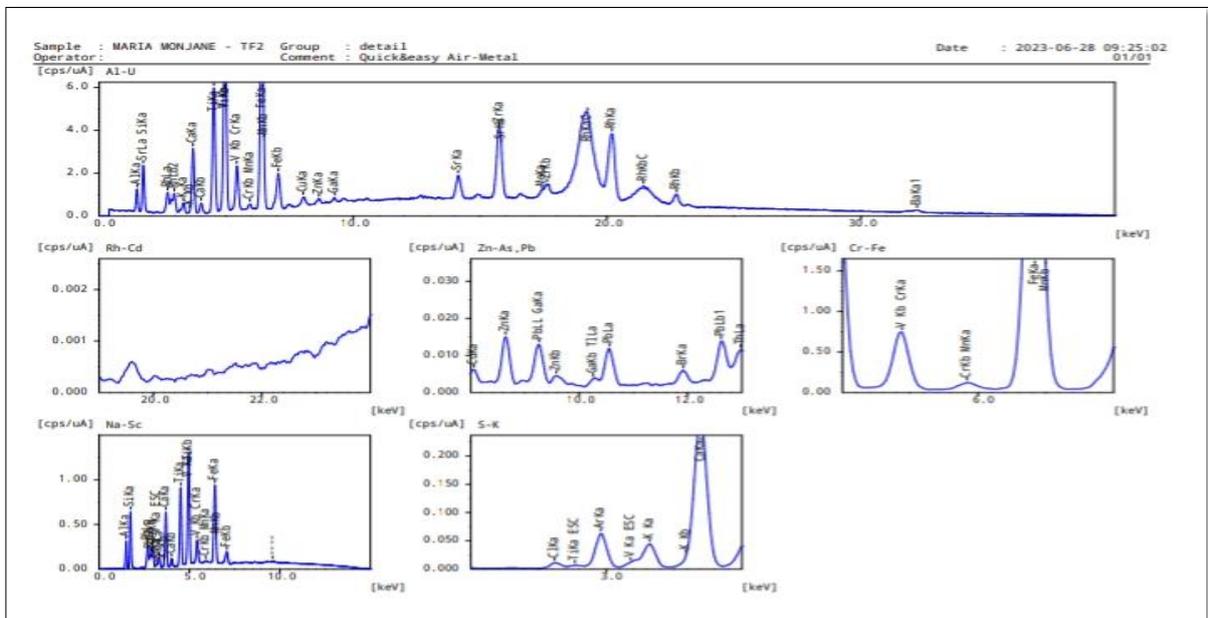


Fonte: 1- Adição das sucatas no forno, 2- Forno aberto, Autora (2024)

Apêndice 18: Resultados do espectro da amostra TF₁



Apêndice 19: Resultados do espectro da amostra TF₂



Apêndice 20: Resultados da composição química da escória pelo método de raio (XRF).

Elementos	A1 (%)	A2 (%)
Si	50.33	43.43
Fe	1.34	1,23
Cu	0.02	0.05
Cr	0.02	0.02
Ca	7.45	1.79
V	0.51	1.71
Ti	1.23	1.61
Cr	0.02	0.006
Mo	$5.4 \cdot 10^{-4}$
B	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-4}$
K	0.44	0.51
Cl	0.37	0.63
Al	38	49
Zr	0.09	0.005
S	0.06	0.021
Ga	$9.2 \cdot 10^{-4}$	$6.5 \cdot 10^{-3}$
Pb	$6.7 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$

Legenda: A1- Amostra TF₁ e A2 – Amostra TF₂, (...) – Composição não determinada