



***REDEMAT***

Rede Temática em Engenharia de Materiais

**UFOP - UEMG**



**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO REFINO  
PRIMÁRIO PARA UMA MINI-ACIARIA DE 150.000 TONELADAS**



**Sinésio Salles Jr.**

**Ouro Preto, outubro de 2016.**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO REFINO  
PRIMÁRIO PARA UMA MINI-ACIARIA DE 150.000 TONELADAS**

**Autor**

**Sinésio Salles Jr.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em  
Engenharia de Materiais da Rede Temática em  
Engenharia de Materiais (REDEMAT).

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Santos Assis**

**Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Brescia Murta**

**Ouro Preto, outubro de 2016**

S168e Salles Júnior, Sinésio.  
Estudo de viabilidade técnica e econômica do refino primário para uma mini-aciaria de 150.000 toneladas [manuscrito] / Sinésio Salles Júnior. - 2016.  
100f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Santos Assis.  
Coorientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Brescia Murta.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais. Engenharia de Materiais.  
Área de Concentração: Processos de Fabricação.

1. Viabilidade. 2. Projeto. 3. Aciaria. I. Santos Assis, Paulo. II. Luiz Brescia Murta, Jorge. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 669-41:004.652



**“Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Refino Primário  
para uma Mini-Aciaria de 150.000 Toneladas”**

**Autor: Sinésio Salles Júnior**

Dissertação defendida e aprovada, em 23 de setembro de 2016, pela banca  
examinadora constituída pelos professores:

*Paulo Santos Assis*

Prof. Paulo Santos Assis (Dr. Ing.) – Orientador  
Universidade Federal de Ouro Preto

*Carlos Frederico Campos de Assis*

Prof. Carlos Frederico Campos de Assis (Doutor)  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais  
Campus Timóteo

*Leandro Miranda Nascimento*

Engº Leandro Miranda Nascimento (Mestre)  
Consultor

*Helton Cristiano Gomes*

Prof. Helton Cristiano Gomes (Doutor)  
Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Jorge Luiz Brescia Murta (Doutor) – Co-Orientador  
Universidade Federal de Ouro Preto

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha esposa Vanessa Salles, aos meus filhos Alba Salles e Lucas Salles.

Agradeço ao Professor Dr. Paulo Santos Assis e ao Professor Dr. Jorge Luiz Brescia Murta por todo o empenho e dedicação. Agradeço também aos Professores Dr. Carlos Frederico Campos de Assis e Dr. Helton Cristiano Gomes. E também a todos os amigos da REDEMAT, em especial ao amigo Leandro Miranda Nascimento.

Agradeço aos amigos José Carlos Prates da Silva e Sérgio Leão Coelho.

Agradeço ao Professor Omar Moore Madureira.

Agradeço aos senhores Geraldo Eder Alves e Morton Alves.

Agradeço às empresas Minitec, Saint Gobain de Itaúna, Küttner, Gerdau Cearense e Gerdau Divinópolis.

Um agradecimento especial a todos que de alguma forma ajudaram no meu desenvolvimento pessoal e profissional durante este período acadêmico.

E agradeço o apoio das instituições de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## RESUMO

Com o intuito de estabelecer diretrizes para a otimização da implantação de um novo refino primário, propomos o estudo de viabilidade a partir da análise comparativa de aspectos técnicos e econômicos de três tipos de fornos: o Forno a Arco Elétrico - FEA, o Forno de Indução - FI e o Forno de Energia Otimizada - EOF. Além da pesquisa em literatura especializada, foram também de grande importância as visitas feitas em renomadas empresas do setor. O forno a arco elétrico é um equipamento muito versátil para a produção de aço, permitindo produzir praticamente qualquer tipo de aço. Já o forno de indução consiste basicamente num transformador com o secundário em curto-circuito, e é hoje em dia bastante usado para a fusão de metais. O forno de energia otimizada, é um forno de refino associado com sucata pré-aquecida, trabalhando com sopro submerso de oxigênio, que reage com o carbono do ferro gusa e silício, transferindo uma porção de calor para o banho e gerando a formação de escória. Foi feito o estudo técnico e econômico, e estabelecemos planilhas a partir de preços e valores de consumo usuais. Após a realização de várias análises, concluiu-se pela solução com o Forno a Arco Elétrico - FEA.

**Palavras chave:** Refino Primário. Viabilidade Técnica e Econômica. Forno a Arco Elétrico. Forno de Indução. Forno de Energia Otimizada.

## **ABSTRACT**

Aiming to establish guidelines for deployment optimization of a new primary refining process, we propose the feasibility study from the comparative analysis of technical and economic aspects of three types of furnaces: the Electric Arc Furnace - FEA, the Induction Furnace - FI and the Optimized Energy Furnace - EOF. In addition to research in the specialized literature, it was also of great importance the visits made in renowned companies of this industrial field. The electric arc furnace is a very versatile equipment for the production of steel, allowing us to produce almost any type of steel. In the other hand, the induction furnace basically consists of a transformer with the secondary short-circuited, and it is today widely used for metals fusion. The optimized energy furnace is a refining furnace associated with preheated waste working with submerged blowing of oxygen which reacts with the carbon in the pig iron, transferring a heat portion to the bath and generating scum formation. We made the technical and economic study, and we established spreadsheets from usual prices and consumption values. After we conducted various analyzes the selected solution was the Electric Arc Furnace - FEA.

**Keywords:** Primary Refining. Technical and Economical Viability. Electric Arch Furnace. Induction Furnace. Energy Optimizing Furnace.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	7
Lista de Tabelas.....	8
Nomenclatura.....	10
1- INTRODUÇÃO.....	11
2- OBJETIVOS.....	13
3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. - Gestão de Projetos .....	15
3.2. - Forno FEA.....	16
3.3. - Forno FI.....	20
3.4. - Forno EOF.....	22
4- METODOLOGIA.....	27
5- ANÁLISES.....	39
6- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	79
7- CONCLUSÃO.....	81
8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
9- ANEXOS.....	87



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Ciclo de Vida do Aço.....	14
FIGURA 2 - Ciclo de vida de um projeto.....	15
FIGURA 3 - Configuração da Instalação de um FEA.....	16
FIGURA 4 - Diagrama com as Várias Funções de um Forno FEA.....	17
FIGURA 5 - Balanço Energético de um Forno FEA.....	19
FIGURA 6 - Foto do Forno FEA.....	19
FIGURA 7 - Forno de Indução.....	21
FIGURA 8 - Desenho de um Forno EOF.....	22
FIGURA 9 - Desenho de uma Nave para Forno EOF.....	24
FIGURA 10 - Sistema de Despoeiramento.....	25
FIGURA 11 - Forno EOF em Operação em Divinópolis - MG.....	26
FIGURA 12 - Gráfico teórico do Custo Médio em função do Volume de Produção.....	34
FIGURA 13 - Proposta de Ampliação da produção em 5 anos.....	74
FIGURA 14 - Proposta de Ampliação da produção em 3 anos.....	75
FIGURA 15 - Proposta 14 dias trabalhados e 4 set-up's por mês.....	76
FIGURA 16 - Proposta de 26 dias trabalhados e 4 set-up's por mês.....	77
FIGURA 17 - Proposta de 28 dias trabalhados e um set-up por mês.....	78
FIGURA 18 - Sistema de Despoeiramento.....	90
FIGURA 19- Diagrama de Carregamento do Forno EOF.....	92
FIGURA 20 - Sistema de Resfriamento de Água.....	93
FIGURA 21 - Sala de Comando.....	94
FIGURA 22 - Forno FEA.....	95
FIGURA 23 - Sistema de Resfriamento de Água.....	95
FIGURA 24 - Sistema de Silos.....	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre os investimentos .....	47
Tabela 2: Custos Fixos dos Processos.....	50
Tabela 3: Custos Variáveis de Materiais.....	56
Tabela 4: Custos Variáveis de Insumos.....	56
Tabela 5: Custo Operacional - OPEX.....	56
Tabela 6: Custos Variáveis Totais por Tonelada.....	57
Tabela 7: Lucro dos processos.....	58
Tabela 8: Impostos.....	58
Tabela 9: Análise de Sensibilidade do Volume de Produção - FI.....	59
Tabela 10: Análise de Sensibilidade do Volume de Produção - EOF.....	59
Tabela 11: Análise de Sensibilidade do Volume de Produção - FEA.....	59
Tabela 12: Análise de Sensibilidade do Preço da Energia Elétrica - FI.....	60
Tabela 13: Análise de Sensibilidade do Preço da Energia Elétrica - EOF.....	60
Tabela 14: Análise de Sensibilidade do Preço da Energia Elétrica - FEA.....	60
Tabela 15: Análise de Sensibilidade do Preço do Gusa - FI.....	61
Tabela 16: Análise de Sensibilidade do Preço do Gusa - EOF.....	61
Tabela 17: Análise de Sensibilidade do Preço do Gusa - FEA.....	61
Tabela 18: Análise de Sensibilidade do Preço da Sucata - FI.....	62
Tabela 19: Análise de Sensibilidade do Preço da Sucata - EOF.....	62
Tabela 20: Análise de Sensibilidade do Preço da Sucata - FEA.....	62
Tabela 21: Análise de Sensibilidade do Preço do Aço Produzido - FI.....	63
Tabela 22: Análise de Sensibilidade do Preço do Aço Produzido - EOF.....	63
Tabela 23: Análise de Sensibilidade do Preço do Aço Produzido - FEA.....	63
Tabela 24: Análise de Sensibilidade ao Salário da Mão de Obra Direta - FI.....	64
Tabela 25: Análise de Sensibilidade ao Salário da Mão de Obra Direta - EOF.....	64
Tabela 26: Análise de Sensibilidade ao Salário da Mão de Obra Direta - FEA.....	64
Tabela 27: Dados para o cálculo do Custo Marginal FI.....	65
Tabela 28: Dados para o cálculo do Custo Marginal EOF.....	65
Tabela 29: Dados para o cálculo do Custo Marginal FEA.....	65
Tabela 30: Dados de material para o cálculo do Modelamento FI.....	69
Tabela 31: Dados para o cálculo do Modelamento FI.....	70
Tabela 32: Modelamento dos Volumes - FI.....	70

Tabela 33: Modelamento - FI.....	70
Tabela 34: Dados de material para o cálculo do Modelamento EOF.....	71
Tabela 35: Dados para o cálculo do Modelamento EOF.....	71
Tabela 36: Modelamento dos Volumes - EOF.....	71
Tabela 37: Modelamento - EOF.....	72
Tabela 38: Dados de material para o cálculo do Modelamento FEA.....	72
Tabela 39: Dados para o cálculo do Modelamento FEA.....	72
Tabela 40: Modelamento dos Volumes - FEA.....	73
Tabela 41: Modelamento - FEA.....	73
Tabela 42: Estudo de Ampliação da Aciaria - 1º Caso.....	74
Tabela 43: Estudo de Ampliação da Aciaria - 2º Caso.....	75

## **NOMENCLATURA**

**ABM** - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ASTM** - *American Society for Testing and Materials*

**ATS** - *Association Technique de la Siderurgie Française*

**BOF** - Forno Básico de Oxigênio

**CAPEX** - Capital de Investimento

**CGEE** - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

**DRI** - *Direct Reduced Iron*

**EOF** - Forno de Energia Otimizada

**FEA** - Forno Elétrico a Arco

**FI** - Forno de Indução

**HBI** - *Hot Briquetted Iron*

**ISO** - *International Organization of Standardization*

**LD** - Forno Conversor a Oxigênio *Linz e Donawitz*

**LSS** - Lança Supersônica

**NBR** - Normas Brasileiras

**OPEX** - Despesas Operacionais

**PDM** - Gerenciamento de Dados do Projeto

**PGQ** - Programa de Garantia da Qualidade

**PLC** - Controle Lógico Programável

**PMI** - *Project Management Institute*

**REDEMAT** - Rede Temática em Engenharia de Materiais

**SAE** - *Society of Automotive Engineers*

**SENAI** - Serviço Nacional da Indústria

**SGQ** - Sistema de Gestão da Qualidade

**UEMG** - Universidade Estadual de Minas Gerais

**UFMG** - Universidade Federal de Minas Gerais

**UFOP** - Universidade Federal de Ouro Preto

**UNICAMP** - Universidade de Campinas

**USP** - Universidade de São Paulo

# 1. INTRODUÇÃO

Numa instalação siderúrgica completa temos três fases principais. A primeira fase é a redução, que consiste em transformar o minério em ferro gusa, A segunda fase é a aciaria, onde se transforma o ferro gusa em aço. E a terceira é a laminação, que consiste em conformar o aço nos perfis desejados. A segunda fase, que será o objeto desta dissertação, considera uma empresa de perfis laminados, cujo volume de produção cresceu a ponto de justificar um novo investimento para a criação de uma aciaria própria e não mais adquirir aço de outra indústria. E mais especificamente, estaremos tratando do refino primário, que é a principal etapa dentro de uma aciaria (ASSIS,1997; ANDRADE, 2000; ARAUJO, 1997). Este estudo se aplica aos casos de empresas de pequeno porte. Empresas que, com o crescimento da produção, visam o desenvolvimento de um processo de refino primário, para a produção de aço. “O refino primário em um FEA compreende a preparação dos cestões, carregamento dos fornos, fusão, refino e vazamento do aço” (NASCIMENTO, 2016, p. 16). Consideramos o volume de produção a partir de 150.000 toneladas por ano, para seguir com as análises CAPEX, OPEX, aspectos estratégicos, ambientais, responsabilidade social e retorno financeiro do empreendimento.

Os três tipos de fornos (FEA, FI e EOF) tem configuração diferentes e, por conseguinte são para aplicações distintas. Os fornos foram considerados como equipamentos básicos, sem entrar no mérito do projeto detalhado, sem considerar sistemas de injeção suplementares, comandos, controles, equipamentos complementares como Cojet ou Consteel (NASCIMENTO, 2016).

A condição de contorno para este trabalho considera o refino primário, com os seus silos de alimentação, mais o pátio de sucatas, e a ponte rolante e a panela de vazamento do aço produzido.

Não foram considerados portanto o processo de um mini alto-forno (R\$ 40 MM), e nem o refino secundário com o sistema de lingotamento (R\$ 10 MM).

Depois de verificada a viabilidade técnica e econômica, foi realizada a análise *make-or-buy*, para que se possa definir a situação da aciaria, comparando se seria mais favorável comprar o tarugo de aço ou produzir o aço ASTM A36 (ASTM, 2015) internamente. A seguir, serão apresentados os objetivos deste trabalho que pretende avaliar a viabilidade técnica e econômica de um processo de refino primário. No capítulo seguinte, será apresentada a

metodologia utilizada e efetuamos a análise e discussão dos dados apresentados. E depois segue com os resultados obtidos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Estudar a viabilidade técnica e econômica de projetos básicos de refino primário para a produção de produção anual de 150.000 toneladas, do aço ASTM A36. Este estudo deverá comparar os processos com os equipamentos Forno a Arco Elétrico, Forno de Indução e Forno de Energia Otimizada.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos consistem em analisar o consumo de energia e o consumo de água, avaliar os impactos ambientais e calcular o capital de investimento (CAPEX) e as despesas operacionais (OPEX). Serão avaliados também os seguintes itens: aquisição de ativos imobilizados, custos fixos, custos variáveis, custo total, lucro, impostos, análise de sensibilidade, custo marginal, produção máxima, fluxo de caixa, taxa interna de retorno, retorno sobre investimento, riscos de falhas potenciais, *pay-back*, *make or buy*, matriz de avaliação, análise BCG, planejamento preliminar do projeto, modelamento da operação de produção, análise do contrato de compra e ampliação e análise dos *set-up*'s.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Num refino primário, a produção do aço como vemos na figura 1, pode ser desenvolvida a partir de matérias-primas naturais, como o minério de ferro, como a sucata resultante do próprio processo de manufatura, chamada sucata pré-consumo ou de sucata reciclada proveniente de produtos que atingiram o final da sua vida útil, chamada sucata pós-consumo.

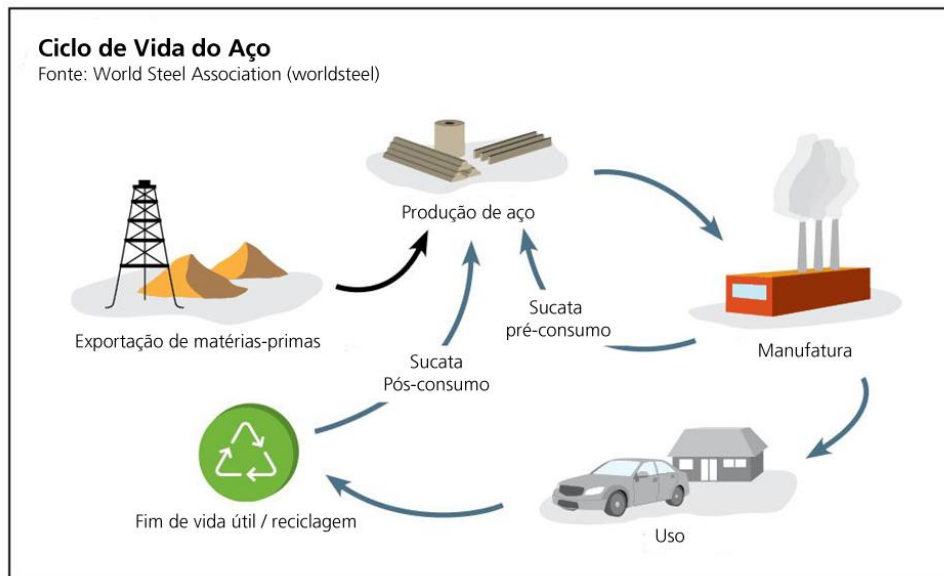


Figura 1 - Ciclo de Vida do Aço.  
Fonte: World Steel Association, 2012

A população brasileira continua crescendo e, o consumo *per capita* continua crescendo. Portanto espera-se por uma maior disponibilidade de sucata. Mas as empresas siderúrgicas estarão fazendo os seus projetos neste sentido, como neste trabalho. E assim o preço da sucata deverá subir.

Pelo lado do consumo de energia elétrica, a crise energética mundial que se aproxima, terá um forte agravante no Brasil, pois as reservas de potencial hídrico estão chegando ao seu limite (FRÖHLING,2005).

Para compreendermos a produção em um refino primário, investigaremos os seguintes conceitos: gestão de projetos, fornos a arco elétrico (FEA), forno de indução (FI), forno de energia otimizada (EOF), CAPEX, OPEX, número de corridas, ciclo de processo, composição do banho, consumo de energia, troca dos refratários, consumo de oxigênio, consumo de água, sistema de despoejamento, filtragem dos gases, impactos ambientais, sucata, escória, custos e, manutenção.



### 3.1. Gestão de Projetos

A implantação de um refino primário irá seguir algumas metodologias, entre essas, a gestão de projeto. Os ganhos em eficácia, eficiência, custos, qualidade e prazos do projeto, irão depender em muito do uso dessa metodologia.

Os principais procedimentos de gerenciamento de projetos de engenharia são as orientações da *International Organization of Standardization* (ISO, 2016), as formulações dos manuais do *Project Management Institute* (PMI, 2016), e outras propostas de boas práticas, desenvolvidas por empresas e instituições.

A figura 2 ilustra bem as várias fases de um projeto, e o estudo de viabilidade é um dos primeiros estudos de todo o ciclo de vida do projeto.

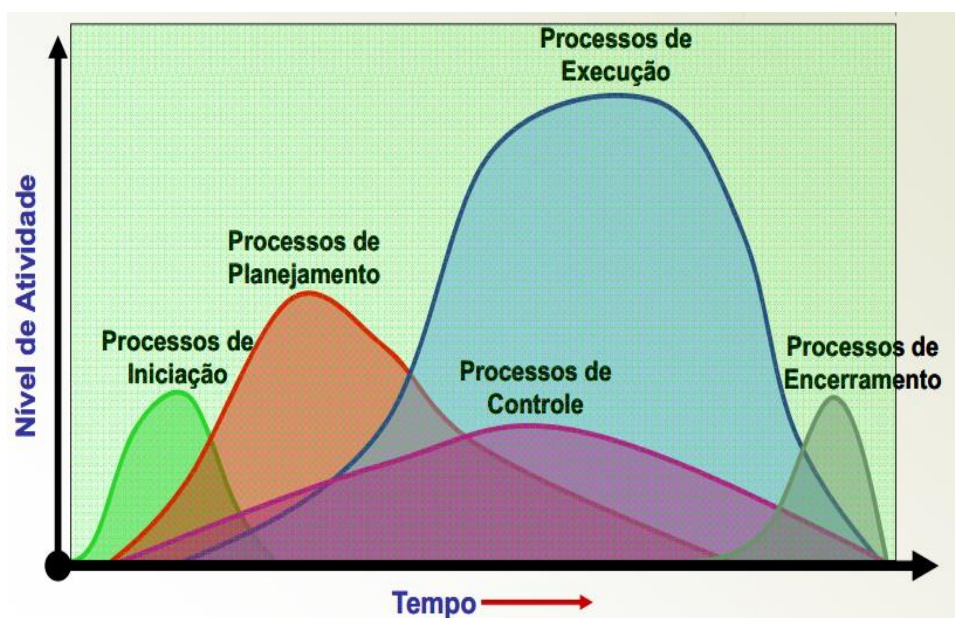


Figura 2 - Ciclo de vida de um projeto.  
Fonte - DUNCAN, 1996.

Os estudos de viabilidade estão bem do começo do ciclo de vida de um projeto, vem logo depois das análises de necessidades, ou estudos mercadológicos.

É indiscutível também a importância dos procedimentos de auditoria de projeto, pois assim será possível avaliar e garantir que o projeto atinja os resultados esperados, garantindo a qualidade, os custos e a sua duração dentro dos prazos propostos.

De acordo com a norma de Auditoria de Projetos - Requisitos (ABNT-NBR 16277), faz-se necessário identificar as estratégias, a eficácia da estrutura da organização de gerenciamento de projeto; o grau de aplicabilidade, a eficácia das políticas, a

eficácia dos processos, as boas práticas, metodologias e a eficácia dos controles sobre o projeto (ABNT, 2014, p. 21).

### 3.2. Forno FEA - Forno a Arco Elétrico

Os convertedores FEA são aplicados em regiões de baixa disponibilidade de ferro gusa, sendo indicados para regiões onde há uma boa disponibilidade de energia elétrica e também bastante sucata, sendo esta a sua principal matéria-prima. Os refinamentos primários FEA são chamados de fornos elétricos, que trabalham nas áreas de transformação (BETZIOS,1998; ÇAMDALI, 2003).

O carregamento em um forno elétrico é um processo que exige uma boa estratificação do cestão e uma seleção adequada de sucatas, evitando peças com grande quantidade de contaminantes, materiais que não conduzem energia e, principalmente, materiais pressurizados que podem causar uma explosão dentro do forno. No caso de gusa sólido ou sucata de gusa, esse material deve entrar, preferencialmente no primeiro cestão, sempre na segunda camada de sucata na parte inferior do cestão (NASCIMENTO, 2016, p.18).

No FEA, três eletrodos de grafite são ligados às três fases do secundário de um transformador de tensão de arco de até 1.000V. Estabelecem-se os arcos elétricos entre os eletrodos e a radiação do arco funde a carga. A transformação da energia elétrica em calor ocorre através da corrente de plasma ionizado, onde as temperaturas podem atingir até 6.000°C. O calor é transferido dos pontos produzidos pelo arco, para a massa fundida, através da condução, radiação e convecção.

A figura 3 apresenta o desenho em corte dos principais detalhes da instalação de um forno FEA.

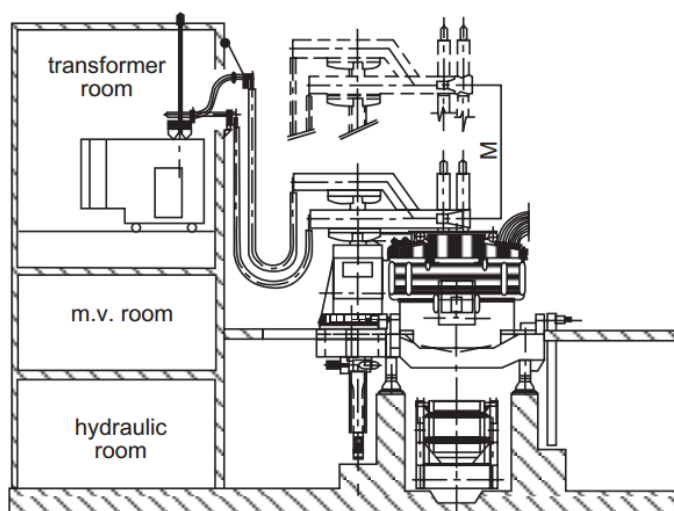


Figura 3 - Configuração da Instalação de um FEA  
Fonte: Danieli Group

De acordo com Silveira (1987, p. 12) o Forno Elétrico a Arco ...

[...] transforma sucata metálica em aço e, é considerado o principal equipamento para isso. Possui grande importância na indústria siderúrgica porque gera benefício ambiental a partir da reciclagem de materiais metálicos. Desta forma, os processos siderúrgicos, tendo como base as aciarias elétricas, tornam-se elemento vital na sustentabilidade da cadeia de produção e consumo humano de bens fabricados a partir do aço como matéria-prima.

O adequado aproveitamento dos fornos FEA-UHP exigiu o desenvolvimento de paredes formadas por painéis refrigerados à água. Abóbadas refrigeradas a água têm sido também instaladas em fornos de elevada potência (ELIZAROV,2014; FRANÇA, 2011).

Em um forno a arco de corrente alternada, os três eletrodos de grafite são ligados às três fases do secundário de um transformador de tensão variável cuja faixa de operação é, normalmente, de 100 a 600 V, embora já existam fornos operando com tensão de arco de 1000 V, estabelecendo arcos elétricos entre os eletrodos, o que se dá um desprendimento de energia muito grande a qual é transferida para a sucata através radiação do arco, elevando assim a temperatura e fundindo a carga (NOLDIN, 2008, p. 22).

Dentre as vantagens do forno elétrico a arco (FEA) destacam-se o fato de permitir produzir qualquer tipo de aço; possibilitar o controle do aquecimento independente das reações químicas; sua versatilidade, pois pode ser operado com até 100% de carga sólida; permitir operação intermitente e possibilitar mudanças rápidas no volume de produção.

Na figura 4 vê-se as principais funções na operação de um forno FEA.

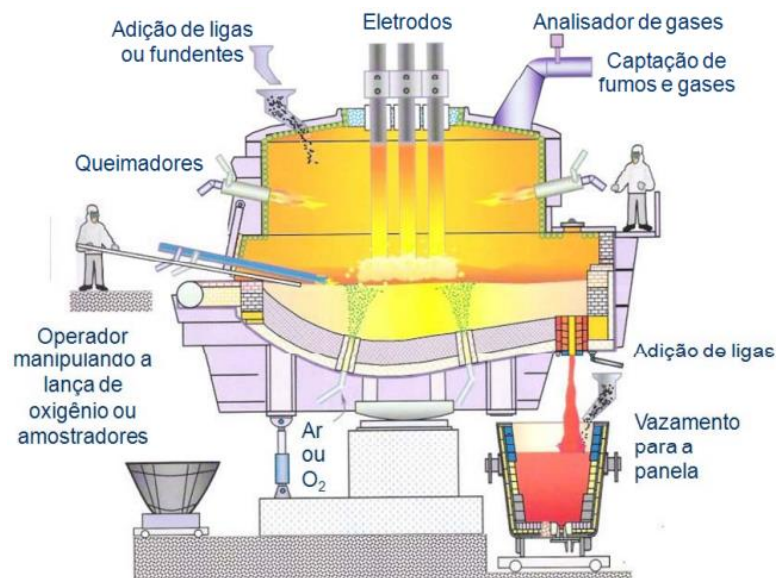


Figura 4 - Diagrama com as Várias Funções de um Forno FEA.  
Fonte: Figueira, 2009, p. 25

Silva afirma que vários ...

[...] tipos de fornos empregando a eletricidade como fonte de energia para a fusão e refino do metal têm sido desenvolvidos. Entretanto, em termos de utilização, o forno a arco é o mais comum. O forno elétrico a arco é, sem dúvida, o instrumento mais versátil de produção de aço, e vem se tornando também, nas últimas décadas, um dos mais eficientes (SILVA, 1998, p. 14).

Segundo Carvalho (1998), o ciclo de operação para produção de aço, através de sucata, é função das práticas adotadas pelas aciarias e dos níveis de automação das várias manobras.

Dessas operações segue-se:

1. O material a ser fundido, previamente selecionados em função do tipo de aço que se pretende obter, é carregado no forno.
2. Uma vez completada a carga, fecha-se o forno e inicia-se a operação do forno através da ignição, que consiste de um curto-circuito entre os eletrodos e a sucata. Um dos eletrodos toca na sucata e para. O segundo ao tocar na sucata fecha um curto-circuito bifásico através da carga. Ao recuarem, esses dois eletrodos estabelecem arcos elétricos entre a ponta dos dois eletrodos e a sucata. Um terceiro eletrodo ao tocar na carga, já encontra um curto-circuito fechado através dos arcos dos dois eletrodos, processando a ignição do seu arco.
3. A fase seguinte é conhecida como fusão. Nela, toda a carga em volta dos eletrodos é fundida se inicia logo após a ignição do arco. Durante a fusão ocorrem as maiores variações de potencia do forno e as maiores perturbações no sistema elétrico.
4. Após a fusão, é usual completar o volume útil do forno com material fundido com uma ou duas recargas, antes de se iniciar a fase de refino. Isso se justifica devido ao reduzido volume de material fundido ocupado na primeira fusão, em comparação com o volume inicial ocupado pela sucata bruta.
5. Uma vez completada a fusão, tem início o refino quando são adicionados, em geral, outros componentes metalúrgicos como carbono, manganês, etc. O refino pode processar no próprio equipamento ou no forno panela.

Nos altos-fornos ou nos fornos de fundição redutora tem-se a produção de liga FE-C, ou seja, de ferro gusa. O ferro gusa “não deve ser confundido com sucatas de peças de ferro-fundido, pois, nesse caso, pode ter sido adicionado uma série de elementos de liga para proporcionar propriedades adequadas à utilização da peça fundida, devendo ser feita a separação das peças no pátio de sucata” (RIZZO, 2005, p.24).

As projeções quanto ao consumo mundial de energia é que nas próximas décadas irá duplicar, fazendo crescer o preço do kWh. Portanto, a busca por processos que minimizem o consumo de energia nas indústrias torna-se uma necessidade, com o intuito de promover a prevenção do aquecimento global e a redução dos impactos ambientais (BAJAY, 2009; HASANBEIGI, 2014).

Ao longo da cadeia de processo de produção de aço, pode-se encontrar várias etapas do processo onde o calor é necessário, ou onde o calor também é gerado ou, onde há perda de

energia. A figura 5 apresenta o balanço energético básico de um forno FEA. Observar que 40% do total de energia são perdas.

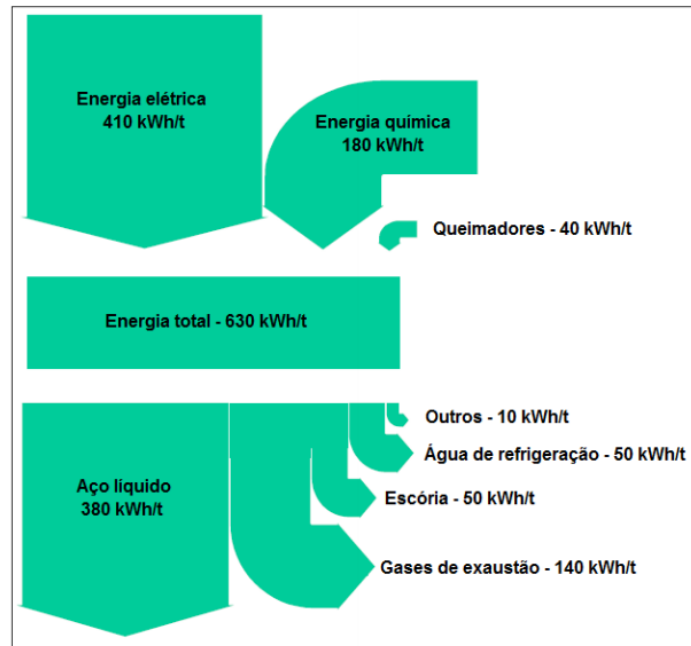


Figura 5 - Balanço energético básico de um forno FEA.  
Fonte: Sandberg, 2005

Nas aciarias, encontram-se dissipações de energia nas torres de refrigeração, na exaustão de gases dos fornos, no vazamento das escórias, dentre outras (LAMBERTERIE, 2014; MALFA, 2014; TSUYAMA, 2015). A figura 6 apresenta um forno FEA em operação.



Figura 6 - Foto do Forno FEA  
Fonte: Catálogo TENOVA

### 3.3. Forno FI - Forno de Indução

O forno FI consiste de um transformador com núcleo de ferro. O conjunto por sua vez é envolvido por uma camada refrataria e disposto de modo a se formar ao seu redor um canal de metal líquido após a fusão do banho do forno. De acordo com Gandhewar (2001, p. 18), “Nos últimos 30 anos, a indústria de fundição dos EUA tem visto uma mudança significativa nos métodos de fusão e nos sistemas associados, com fontes de alimentação mais eficientes, reduzindo o consumo de energia.”

O processo de fusão do forno a indução se baseia no princípio de uma corrente elétrica alternada de alta intensidade, atravessando um condutor e que gera um campo magnético alternado a sua volta, o qual induz correntes na carga metálica, e assim, aquecendo-a. As principais aplicações ...

[...] no campo metalúrgico são a fusão de metais e o tratamento térmico, a fim de se obter um material com características mecânicas especiais que não se pode obter em estado bruto de fundição, dentre as principais vantagens podemos citar a limpeza, a menor contaminação do material a ser fundido e, o custo deste tipo de forno. Sendo muito usado para fusão de materiais condutores, formam-se nestes materiais correntes de Foucault (correntes induzidas em massas metálicas) que produzem grande elevação de temperatura. Se os materiais forem magnéticos, haverá também o fenômeno da histerese, que contribui para o aumento de temperatura (Manual SENAI, 2014).

Nos fornos por indução criam-se fluxos magnéticos variáveis em forma de anéis passando interna e externamente à carga. Estes fluxos magnéticos induzem correntes elétricas que percorrem toda a carga metálica. Como a carga metálica oferece resistência à passagem da corrente elétrica, então por efeito joule, esta se aquece. É recomendada a utilização de revestimento neutro à base de alumina ( $Al_2O_3$ ), para a fusão de ferros fundidos. “Este material possui custo moderado e é um dos óxidos refratários mais estáveis, seja em atmosfera ácida ou redutora, podendo ser utilizado a temperaturas até  $1800^{\circ}C$ . Por isso é um revestimento utilizado para a fabricação de aços e ferros fundidos” (Manual SENAI, 2014).

Com relação às escórias do alto ponto de fusão, sua introdução se dá através da contaminação da carga por betonita da areia de moldação, a qual possui  $Al_2O_3$ . Outras formas de contaminação seriam teores alumínio na carga, que se oxida dando origem à mulita ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ). Nestes casos, é difícil a eliminação do acúmulo de escoria. Pode-se utilizar fundentes comerciais para eliminarem-se as acumulações de fluorita, ou de soda cáustica, porém tendo-se o cuidado de não usar excessivamente estes materiais que desgastam também o revestimento (Manual SENAI, 2014).

Nos casos em que o teor de silício é elevado, este pode oxidar-se parcialmente durante a fusão, e tem-se formação de escória com elevado teor de  $SiO_2$ , portanto ácida. Daí a utilização

de um revestimento ácido para este caso. Além disso, o revestimento de sílica possui um custo bastante reduzido. Porém o seu uso fica restrito para temperaturas acima de 1.650°C, devido às reações com os metais que se oxidam em altas temperaturas. A figura 7 apresenta um forno FI em operação.



Figura 7 - Forno de Indução.  
Fonte: Manual Inductoterm, 2015

Gandhewar apresenta uma série de dados interessantes sobre os novos fornos de indução industrial. Afirma que ...

Uma nova geração de fornos de indução industrial foi desenvolvida durante os últimos 25 anos. Estas unidades são capazes de atingir níveis de eficiência elétrica superior a 97%. Algumas das maiores unidades comerciais são capazes de fusão em cerca de 60 toneladas por hora. E pequenos fornos com densidades de muito alta potência, entre 700 a 1.000 kWh/tonelada, agora podem derreter uma carga fria em 30 minutos. Em média a proporção é de 40% ferro esponja, mais 10% de ferros fundidos ou ferro-gusa. A superfície do banho de metal fundido é exposta à atmosfera. Isto resulta em grande perda de energia térmica por radiação. A água arrefecida também resulta em perda de calor (Gandhewar, 2011, p.22).

No Brasil as instalações como da Teksid e da Fundição Tupi, são exceções. A grande maioria das empresas são de pequeno porte. Já na Índia existem 1.100 empresas produzindo aço com fornos por indução.

Os fornos FI geralmente são duplos, e trabalham alternadamente, mas quando não estão energizados, deve-se manter a temperatura com maçaricos a GLP.

A composição da carga que será usada no banho é a mesma do produto final, a menos da escoria que foi retirada.

### 3.4. Forno EOF - Forno de Energia Otimizada

A aplicação do EOF (Figura 8) encontra-se principalmente em áreas com dificuldade em se obter a energia elétrica e, também com pouca disponibilidade de sucata. Em se falando sobre a disponibilidade de gusa líquido, requer-se uma certa fração de ferro gusa na carga metálica, que com a adição de outros metálicos, permitirá a produção de aço nesse tipo de processo.

O EOF é um forno de fusão e refino associado com sucata pré-aquecida para a produção de aço líquido, trabalhando com combinado sopro atmosférico e submerso de oxigênio em uma carga inicial que contém ferro gusa líquido, sucata pré-aquecida continuamente e fluxos para a formação de escória. O sopro submerso do oxigênio reage com o carbono do ferro gusa líquido, gerando bolhas de CO que viajam do banho líquido para a atmosfera do forno, onde CO é queimado para CO<sub>2</sub> pelo sopro através dos injetores atmosféricos e lanças supersônicas (PFEIFER, 2009, p. 32).

Sobre a reação de pós- combustão, Noldim esclarece que

[...] é a reação de maior liberação de calor dentre todas as reações estabelecidas em um refino primário, ela se baseia na queima do monóxido de carbono que é formado na injeção de oxigênio para fins da fusão, que também libera grande quantidade de calor para a carga a ser fundida, neste equipamento em especial se conseguem 100% de aproveitamento desta, sendo esta energia gerada na pós-combustão, parcialmente absorvida pelo banho (60%) e parcialmente usada para o pré-aquecimento da sucata (40%) (NOLDIN, 2009, p.46).



Figura 8 - Desenho de um Forno EOF.  
Fonte: Pfeifer, 2009



As características do forno EOF são: sopro de oxigênio combinado; uso do calor sensível de todas as reações; sucata pré-aquecida pelo uso do calor dos gases emitidos; produção com carga de gusa líquida e sucata; uso de até 40% de porcentagem de carga sólida; ventaneiras submersas para soprar oxigênio; sistema de despoeiramento úmido; formação de segunda escória durante o sopro e baixo nível de barulho (GUDENAU, 1991; OLSOMMER, 2010; WEBER, 1993).

Segundo Pfeifer (2009, p.63), o EOF é um forno de fusão baseado em sopro, com os seguintes componentes:

- Carro soleira (2 unidades) do tipo lançadeira, para permitir a rápida troca de soleira para uma nova campanha. Um carro soleira suporta o EOF em operação e o outro suporta uma segunda soleira em um ou outro lado para manutenção dos refratários. Ambos os carros são equipados com pista de anel de cilindro para bascular o forno para vazamento ou descorificação. O basculamento é desempenhado pelos cilindros hidráulicos.
- Forno EOF com linha de refratário na soleira, abobada e painéis refrigerados à água, e vedação entre o forno e o pré-aquecedor de sucata, bica de gusa líquido, bica de corrida de aço, ventaneiras submersas, injetores atmosféricos e lança supersônica para sopro de oxigênio, queimadores de combustível para aquecimento de nova soleira.
- O pré-aquecedor de sucata colocado imediatamente acima do forno, provido de refrigeração à água com garfos basculáveis que suporta a carga sólida metálica que é aquecida pelo gás do processo. No momento de carregamento, os garfos basculáveis, liberam a sucata reaquecida no fundo do EOF. Também provido com água refrigerada com tubo inclinado colocado debaixo dos garfos, para adições no forno. Outros itens são injetores de ar para pós-combustão subsequente de monóxido de carbono, jatos de água para controlar a temperatura do gás antes da camada de sucata, duto de gás, refrigeração de água na porta corrediça e no sistema de carregamento de sucata, ambos colocados na parte superior do pré-aquecedor.
- Sistema de limpeza de gás, sistema úmido, com tubo de descenso alinhado provido com jatos de água, compartimento vertical de choque térmico com jatos de água, chaminé de emergência para escape de gás em caso de queda de energia, instalação para lavagem de gás tipo venturi, coletor de pó, ventiladores ID com controle abafador e chaminé, colocados do lado de fora do prédio.
- Sistema de ligas e fluxos, com unidades de peso e alimentação para adições no forno durante a fusão e adições na panela durante o vazamento.
- A válvula padrão para sopro de oxigênio submerso/ atmosférico e queimadores oxicomcombustíveis. • Pacote de energia hidráulica para: (a) Basculamento do Forno; (b) Todos componentes hidráulicos do pré-aquecedor de sucata, painéis e caixa de comando local para manutenção.
- Sala de controle no nível da plataforma de trabalho, para o controle de todas as operações do forno e do pré-aquecedor de sucata.
- Poço de escória em frente da porta de trabalho do forno e debaixo da plataforma de trabalho.
- Ponte rolante para manuseio de painéis de sucata, ligas e fluxos bags/recipientes e serviços de manutenção.
- Ponte rolante para vazamento do gusa líquido para dentro do forno e serviços de manutenção na área de corrida.
- Caçambas de sucata para manipulação e liberação da carga fria no pré-aquecedor de sucata.
- Equipamento de amostra para análises do aço e escória.
- Equipamento de medição da temperatura do aço líquido.
- Equipamento de medição de carbono no aço líquido.

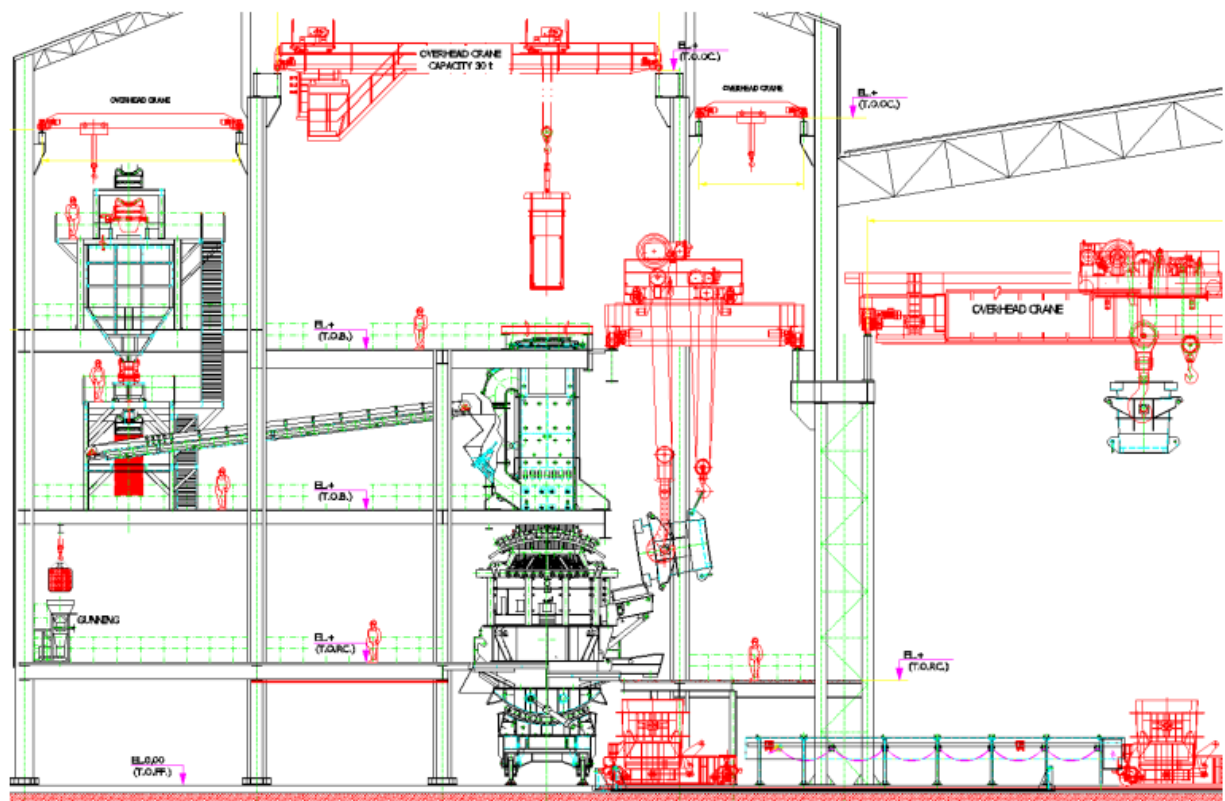


Figura 9 - Desenho de uma Nave para Forno EOF.  
Fonte: Pfeifer, 2009

Os demais itens que são projetados junto ao EOF (Figura 9) são: o prédio do EOF, o pré aquecedor de sucata, o sistema de limpeza de gás, os sistemas de água, os elementos refrigerados à água, o sistema elétrico, a abóbada refrigerada à água, os queimadores, os injetores, o sistema de vazamento, os garfos, as pontes rolantes, o compartimento de sucata, os silos, o sistema hidráulico, o dispositivo de basculamento do forno, a torre de resfriamento, as bombas, o tratamento químico, o carro para panela de aço e escória, a subestação, os transformadores, a iluminação, o controle e a instrumentação (ROLLINGER, 1989; WEBER, 1992).

O pré-aquecedor, uma parte essencial do EOF, é provido de um conjunto de garfos com refrigeração à água sobre as quais a sucata fria é depositada. O gás quente desprendido do EOF passa através da sucata, aquecendo-a até 850°C. Os garfos são inclinados em ordem de deixar cair à sucata dentro do forno, retornando para a posição original deles para uma nova carga (Pfeifer, 2009).

A figura 10 apresenta um exemplo de sistema de despoeiramento. Este equipamento é de grande importância, pois sendo o forno EOF um reator, há uma grande geração de gases e poeira.



Figura 10 - Sistema de Despoeiramento.  
Fonte: Paul Wurth

Ainda, conforme Pfeifer, em 2009, as características básicas do processo EOF são:

- Sopros de oxigênio submerso;
- Pós combustão do monóxido de carbono que emerge do banho;
- Pré-aquecimento da carga fria, via o calor sensível dos gases;
- Basculamento do forno, tanto durante o sopro quanto no vazamento;
- Retirada de escória e adições de fundentes sem interrupção do sopro;
- Redução do fósforo (P) no aço a níveis < 0,01 %;
- Vazamento livre de escória;
- Intervalo de apenas 8 horas para troca de soleira.

E acrescenta ainda que:

A carga metálica básica do EOF da Unidade Gerdau de Divinópolis consiste em 65 a 71 % de gusa líquido e 15 a 22 % de sucata de aço, sendo o saldo composto por gusa sólido e sucata de gusa, de acordo com a disponibilidade e preços do mercado. São produzidos vergalhões para o atendimento do mercado interno e de exportação, bem como barras mecânicas de qualidade comercial, em perfis redondos, chatos, quadrados e sextavados. São produzidos aços com carbono de 0,05 % a 0,95%. Mas nada impede, de trabalhar com 90 % de gusa líquido, se tal for mais econômico. Esse é o caso dos EOF's indianos (Pfeifer, 2007, p. 73).

Este modelo de convertedor (Figura 11) foi criado no ano de 1982, na cidade de Divinópolis, pela empresa KTS - Korf Tecnologia Siderúrgica. Sendo instalado o primeiro forno de energia otimizada (EOF) com preaquecimento de sucata, na companhia siderúrgica Pains. (Silva, 2004)



Figura 11 - Forno EOF em Operação em Divinópolis - MG.  
Fonte: Silva, 2004

## 4. METODOLOGIA

A metodologia de estudo dos processos seguirá com a realização da análise dos seguintes elementos:

- Aquisição de Ativos Imobilizados
- Custos Fixos
- Custos Variáveis
- Custo Total
- Lucro
- Impostos
- Análise de Sensibilidade
- Custo Marginal
- Produção Máxima - Capacidade Instalada
- Fluxo de Caixa
- Retorno sobre Investimento
- Taxa Interna de Retorno
- Riscos de Falhas Potenciais
- *Pay-Back*
- *Make or Buy*
- Matriz de Avaliação
- Análise BCG
- Planejamento Preliminar do Projeto
- Modelamento da Operação de Produção
- Análise do Contrato de Compra e Ampliação
- Análise dos *Set-Up's*
- Análise Ambiental

Todos estes elementos passam a ser melhor definidos e melhor apresentados:

### 4.1. Premissas

#### 4.1.1. Parâmetros Básicos

A previsão de vendas anuais considerada neste estudo, para uma aciaria padrão é de 150.000 toneladas do aço ASTM A36, ao preço de R\$ 1.500,00/t. Para uma jornada de trabalho de 44

horas semanais, com uma hora para refeição. No caso de três turnos, serão cinco dias de 7 horas trabalhadas por turno, mais 12 horas trabalhadas no final de semana. A condição de contorno para este trabalho ficou definida como sendo o refino primário, com os silos de alimentação, mais o pátio de sucatas, e a ponte rolante e a panela vazamento do aço produzido.

Os parâmetros básicos dos processos FI, EOF e FEA são:

#### **4.1.2. Processo FI**

Ciclo de Produção: 65 min/corrida.

Capacidade do Forno: 30 toneladas max.

Equipe de MOD (mão de obra direta): total de 45 (15 pessoas em cada um dos 3 turnos).

Equipe de MOI (mão de obra indireta): total de 40 pessoas em um turno.

Rendimento do Forno: 90,6% (proporção entre a massa final de aço e a massa inicial das MP's).

Rendimento do Pátio de Sucatas: 96,4% (proporção entre a massa e a massa inicial).

Custo Pátio Sucata: R\$ 71,00/t (sucata mais limpa).

Para um forno de 30 toneladas de capacidade, com um ciclo de 65 minutos, em 3 turnos, corresponde a 168.000 toneladas por ano, sem eficiência. E para o rendimento de 90,6%, a produção máxima será de 152.000 toneladas por ano, ou seja, 1% acima da produção inicial desejada. Foi considerado que o transporte de gusa líquido seria feito em uma distância de 20 km. Com uma duração para ida e vinda de 2 horas.

#### **4.1.3. Processo EOF**

Ciclo de Produção: 32 min/corrida.

Capacidade do Forno: 20 toneladas max.

Equipe de MOD: total de 45 (15 pessoas por turno).

Equipe de MOI: total de 40 pessoas em um turno.

Rendimento do Forno: 85% (proporção entre a massa final de aço e a massa inicial das MP's).

Rendimento do Pátio de Sucatas: 98,7% (proporção entre a massa e a massa inicial).

Custo Pátio Sucata: R\$ 71,00/t.

Para um forno de 20 toneladas de capacidade utilizada, com um ciclo de 32 minutos, em 3 turnos, corresponde a 228.000 toneladas por ano, sem eficiência. E para o rendimento de 85%, a produção máxima será de 194.000 toneladas por ano, ou seja, 29% acima da produção inicial desejada. O fabricante MINITEC não recomenda que o forno tenha uma capacidade menor que 20 toneladas. E uma produção em dois turnos não atenderia a demanda de 150.000 t/a. Uma solução a ser ponderada, seria de trabalhar 5 dias por semana, e deslocar o pessoal nos finais de semana, para uma outra atividade. E assim a produção anual seria de 174.000 t, sendo apenas 16% acima do desejado.

#### **4.1.4. Processo FEA**

Ciclo de Produção: 52 min/corrida.

Capacidade do Forno: 25 toneladas max.

Equipe de MOD: total de 45 (15 pessoas por turno).

Equipe de MOI: total de 35 pessoas em um turno.

Rendimento do Forno: 88,9% (proporção entre a massa final de aço e a massa inicial das matérias-primas).

Rendimento do Pátio de Sucatas: 96,4% (proporção entre a massa e a massa inicial).

Custo Pátio Sucata: R\$ 71,00/t.

Para um forno de 25 toneladas de capacidade, com um ciclo de 52 minutos, em 3 turnos, corresponde a 176.000 toneladas por ano, sem eficiência. E para o rendimento de 88,9%, a produção máxima será de 156.000 toneladas por ano, ou seja, 4% acima da produção inicial desejada. Os cestões deverão ter os seus carregamentos de sucata estratificados.

Uma importante característica do forno FEA é a sua flexibilidade para a formação da carga do banho. Para acentuar esta sua característica, foi proposto um estratagema, com a composição do banho com 25% de ferro gusa sólido, e 75% de sucata. Isto implica em uma condição mais crítica, pois nos valores atuais, o preço da sucata é 40% menor que o preço do ferro gusa. Este tipo de investimento requer por um planejamento de longo prazo, e dentro deste tempo de alguns anos, a alteração dos preços da sucata e do ferro gusa, serão bastante influenciados pela demanda.

## **4.2. CAPEX - Aquisição de Ativos Imobilizados**

A sigla CAPEX tem o significado de Investimento em Bens de Capital, e procura examinar as alternativas de investimento (LIMAYEM, 2016; BRESCIA, 2008; EDLER, 2005).

CAPEX é a sigla em inglês da expressão *Capital Expenditure*, que significa “investimento em bens de capital” e designa o montante de recursos investidos na aquisição ou melhoria de bens (máquinas, equipamentos, instalações, terrenos e demais itens de investimento fixo) de uma determinada empresa (Lauría, 2013).

Alguns dos Capitais de Investimento, para a implantação de uma nova aciaria são: Estudos, Desenhos, Canteiro de Obras, Terraplanagem, Perdas de Material da Obra, Prédios, Armazéns, Estoques, Equipamentos, Instalações, Escritórios, Laboratórios, Banheiros, Refeitório, Enfermaria, Seleção, Treinamentos, Portaria, Estacionamentos, Sub Estação Elétrica, Iluminação, Sistemas de Informática, Sistemas de Automação, Unidades Hidráulicas, Estação de Tratamento de Água, Estação de Tratamento de Esgotos, Sistema de Águas Pluviais, Sistema de Combate a Incêndio, Sistema de Para Raios, entre outros.

### **4.2.1. Investimentos no Processo FI**

Os investimentos para a implantação de uma nova aciaria no processo FI estão estimados e divididos nos seguintes principais tópicos: terreno, prédios, prensa tesoura, máquinas móveis, forno, sistema de despoeiramento, pontes rolantes, sistema de cestões, carros panelas, sub-estação elétrica, estação de tratamento de água.

### **4.2.2. Investimentos no Processo EOF**

Os investimentos para a implantação de uma nova aciaria no processo EOF estão estimados e divididos nos seguintes principais tópicos: terreno, prédios, prensa pacote, máquinas móveis, misturador de gusa, panelas de gusa, forno, sistema de despoeiramento, pontes rolantes, sistema de cestões, carros panelas, estação de tratamento de água.

### **4.2.3. Investimentos no Processo FEA**

Os investimentos para a implantação de uma nova aciaria no processo FEA estão estimados e divididos nos seguintes principais tópicos: terreno, prédios, prensa tesoura, máquinas móveis,



forno, sistema de despoejamento, pontes rolantes, sistema de cestões, carros panelas, sub-estação elétrica, filtro de distribuição elétrica estação de tratamento de água.

### **4.3. Custos Fixos**

Os custos fixos são as despesas que permanecem constantes, independente de aumentos ou diminuições na quantidade produzida.

#### **4.3.1. Custos Fixos Anuais do Processo FI**

Os custos fixos anuais de uma aciaria no processo FI estão divididos nos seguintes principais tópicos: depreciação, seguros, pagamento de financiamento, mão de obra indireta e manutenção.

#### **4.3.2. Custos Fixos Anuais do Processo EOF**

Os custos fixos anuais de uma aciaria no processo EOF estão divididos nos seguintes principais tópicos: depreciação, seguros, pagamento de financiamento, mão de obra indireta e manutenção.

#### **4.3.3. Custos Fixos Anuais do Processo FEA**

Os custos fixos anuais de uma aciaria no processo FEA estão divididos nos seguintes principais tópicos: depreciação, seguros, pagamento de financiamento, mão de obra indireta e manutenção.

### **4.4. Custos Variáveis**

Os custos variáveis são proporcionais à quantidade produzida. Como exemplos:

- Matérias-Primas
- Comissões de Vendas
- Água
- Energia

Os custos variáveis, que não forem as matérias primas, serão considerados como utilidades.

#### **4.4.1. Custos Variáveis Anuais do Processo FI**

Os custos variáveis anuais de uma aciaria no processo FI estão divididos nos seguintes principais tópicos: matérias-primas, refratários do forno, energia elétrica, pátio de sucata, água, mão de obra direta e encargos sociais.

#### **4.4.2. Custos Variáveis Anuais do Processo EOF**

Os custos variáveis anuais de uma aciaria no processo EOF estão divididos nos seguintes principais tópicos: matérias-primas, refratários do forno, energia elétrica, oxigênio, pátio de sucata, água, mão de obra direta e encargos sociais.

#### **4.4.3. Custos Variáveis Anuais do Processo FEA**

Os custos variáveis anuais de uma aciaria no processo FI estão divididos nos seguintes principais tópicos: matérias-primas, refratários do forno, energia elétrica, pátio de sucata, água, mão de obra direta e encargos sociais.

O forno FEA pode ter uma variação grande da composição do banho que vai de 75% a 100% de sucata. Como o preço da sucata é 40% menor do que o preço do ferro gusa, a carga composta de 100% de sucata será a mais econômica. E para avaliar a condição mais crítica, também faremos a análise com a composição do banho com 75% de sucata.

### **4.5. OPEX - Custos Totais**

A sigla OPEX tem o significado de despesas operacionais, e procura examinar as alternativas de compras (THOLLANDER, 2009; BRESCIA, 1987, GEBHARDT, 1999).

OPEX é a sigla em inglês da expressão *Operational Expenditure*, que significa “despesas operacionais” e designa o montante de recursos gastos (custos ou despesas) necessários para o funcionamento de uma empresa. Portanto OPEX é o gasto cotidiano (custo ou despesa, conforme a destinação) realizado constantemente para manter tanto o funcionamento das atividades do negócio, envolvendo custos com manutenção de equipamentos, custos com empregados, combustíveis, entre outros, além das despesas gerais como as da alçada administrativa, comerciais e tributárias, quanto os gastos para realização dos serviços contratados com terceiros (Lauría, 2013).

Algumas das Despesas Operacionais para a produção de aço em uma nova aciaria, são: Matérias-Primas, Eletrodos, Refratários do Forno, Energia Elétrica, Oxigênio, Nitrogênio, Gás Natural, Iluminação, Água, Depreciação, Impostos, Seguros, Pagamento de Financiamento, Mão de Obra Direta, Mão de Obra Indireta, Encargos Sociais, Alimentação,

Telefone, Informática, Consumíveis, Partes Sobressalentes, Limpeza, Publicidade, Transportes, Manutenção, Uniformes, Controles Ambientais, Material de Segurança, entre outros.

#### **4.6. Lucro**

O lucro constitui basicamente o confronto entre receita e o custo. O lucro é considerado como o rendimento obtido através de uma negociação. O lucro pode também ser entendido como aquilo que se ganha a mais do que foi o investido. Ou ainda a diferença entre a receita e o custo total.

#### **4.7. Impostos**

Imposto é o montante de dinheiro que os cidadãos devem pagar ao Estado para garantir a funcionalidade de serviços públicos e coletivos. Existem diversos tipos diferentes de impostos: Imposto de importação, IPTU, ICMS, IPVA, IOS, IR, IPI, IOF, IPVA, ITBI e ISS.

#### **4.8. Análise de Sensibilidade**

O objetivo da análise de sensibilidade é de analisar a variação do lucro da operação, em função da variação dos principais parâmetros de processo. Far-se-á a análise de sensibilidade para os seguintes parâmetros: volume de produção, preço da energia elétrica, preço do ferro gusa, preço da sucata, preço de venda do aço produzido e salário médio da mão de obra direta (MOD).

Para cada uma destas variáveis de processo, serão calculados os termos:

$$\text{Declividade} = \delta(\text{LUCRO}) / \delta(\text{Variável})$$

$$\text{Diferencial} = (\text{Porcentagem Final}) - (\text{Porcentagem Inicial})$$

#### **4.9. Custo Marginal**

A partir de um gráfico ou planilha de custos, o Custo Marginal poderá ser calculado como a derivada do custo em função da quantidade produzida, isto é:

$$\text{Custo Marginal} = \delta C / \delta Q$$

Portanto esta análise irá demonstrar qual a variação do custo quando o volume de produção é acrescido de uma tonelada. Na maior parte dos casos, o custo marginal é decrescente, à medida que se aumenta a quantidade produzida, situação chamada de efeito de escala. Mas a partir de certo ponto, passam a prevalecer os aumentos dos custos variáveis, originando um aumento do custo marginal. Nas planilhas de custos dos três processos, foram feitos os cálculos considerando uma variação da produção de 0,5% para mais e para menos.

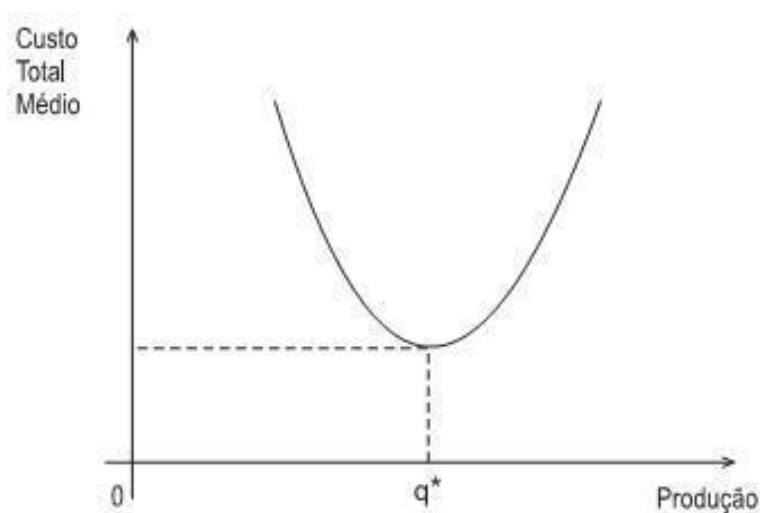


Figura 12 - Gráfico teórico do Custo Médio em função do Volume de Produção.

#### **4.10. Produção Máxima - Capacidade Instalada**

Para cada um dos processos, a produção máxima é calculada a partir da capacidade de produção, com a sua devida eficiência, e pelo tempo de operação, descontados os tempos de manutenção e outras paradas. São considerados quatro turnos, como sendo a condição extrema de produção.

#### **4.11. Fluxo de Caixa**

Fluxo de caixa é uma ferramenta que controla as entradas e saídas de recursos financeiros. O fluxo de caixa é um recurso fundamental para os gestores saberem com precisão qual a situação financeira da empresa e, com base no resultado, decidir os caminhos a serem seguidos. Foi considerado um capital próprio inicial de R\$ 50.000.000,00.

O capital próprio inicial de R\$ 50.000.000,00 foi considerado no ano -2. E o restante do investimento foi considerado no ano -1. O indicador comparativo, formado pela soma dos doze valores de fluxo de caixa é apresentado junto com as planilhas dos três fluxos de caixa, que estão nos anexos Fluxo de Caixa.FI.xlsx, Fluxo de Caixa.EOF.xlsx e fluxo de Caixa.FEA.xlsx.

#### **4.12. Taxa Interna de Retorno - TIR**

A Taxa Interna de Retorno é uma metodologia para analisar investimentos. O cálculo do TIR indica se um investimento é viável economicamente. Portanto, trata-se de uma análise previsional. Os valores encontrados nas planilhas anexadas, serão apresentados no item 5.12.

$$TIR = \frac{\sum (Lucro - Imposto)}{Investimento} = X \%$$

#### **4.13. Retorno sobre Investimento - ROI**

O cálculo do Retorno sobre o Investimento tem como objetivo central a apuração das informações geradas a partir da análise dos relatórios contábeis. O ROI é uma medida tipicamente contábil e, portanto, trata-se de uma análise a ser feita após a realização da operação empresarial.

#### **4.14. Riscos de Falhas Potenciais**

Para uma futura análise FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* - faz-se agora apenas uma previsão e avaliação dos riscos envolvidos, com a devida divisão em análises de projeto, produto e processo. O Riscos de Falhas Potenciais estão apresentados nos arquivos anexos: Análise de Riscos de Produto, de Processo e de Projeto.

#### **4.15. Pay-Back**

A técnica do *Pay-back* é muito utilizada nas empresas para análise do prazo de retorno do investimento de um projeto. Normalmente este período é medido em meses ou anos. Assim sendo, em cada planilha de custos dos processos, serão calculadas as proporções entre os investimentos realizados e o lucro anual obtido.

#### **4.16. *Make or Buy***

Se a empresa tem condições de fabricar os componentes que são usados no seu produto, ela pode fazer esta análise comparativa se a fabricação interna é mais barata do que comprar de algum fornecedor. É muito importante nesta análise que realmente todos os custos sejam considerados tanto na fabricação interna quanto na compra do fornecedor, de forma que a análise reflita a realidade das duas situações para a correta tomada de decisão.

Considera-se a compra de tarugos de aço pelo preço de R\$ 1.600,00 a tonelada, com o frete incluso. Para a comparação entre comprar ou produzir o aço internamente, usam-se os valores anteriormente encontrados para os três processos.

#### **4.17. Matriz de Avaliação**

A Matriz de Avaliação é uma técnica de comparação, onde são listadas as características, depois classificadas e analisadas. Através da literatura especializada e das visitas realizadas, foram estudados 21 aspectos relacionados com os processos de refino primário de uma aciaria. As características são ponderadas, através de pesos diferentes.

#### **4.18. Análise BCG**

A matriz BCG (criada pela Boston Consulting Group) é composta por dois eixos, e no nosso estudo usaremos a disponibilidade de sucata e a disponibilidade de ferro-gusa. Este estudo deve ser realizado de forma recorrente, pois o cenário do mercado está sempre sofrendo modificações. A representação gráfica da matriz BCG favorece a compreensão da situação, facilitando a definição de estratégias. Dos resultados, observamos que o processo FI não tem qualquer flexibilidade, ficando estático em 100% de sucata. O processo FEA poderá variar entre 75% e 100% de sucata. E o processo EOF poderá variar entre 10% e 30% de sucata.

#### **4.19. Planejamento Preliminar do Projeto**

O planejamento consiste em uma importante tarefa de gestão, que está relacionada com a preparação e organização de um determinado projeto. O conceito de planejamento tem um caráter multidisciplinar. Existem três níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional.

As atividades que constam deste cronograma são as atividades básicas e as mais importantes. Por este motivo, o caminho crítico deste planejamento está superposto com estas atividades principais.

#### 4.20. Modelamento da Operação de Produção

Para a avaliação da operação de produção, são propostas algumas equações para a simulação e otimização do processo (ASSIS, 1998; CASSOTIS, 2016):

$$\mathbf{T_{op}} + \mathbf{T_{prep}} + \mathbf{T_{manut}} + \mathbf{T_{ocio}} = \mathbf{365 \text{ dias}}$$

**T<sub>op</sub> [dias]:** tempo de operação efetiva. (por exemplo: 325 dias por ano)

**T<sub>prep</sub> [dias]:** tempo de preparação do processo, ocorrido com alimentação do processo, regulagem dos equipamentos, treinamento no local do trabalho, etc. (por exemplo: 15 dias por ano)

**T<sub>manut</sub> [dias]:** tempo de manutenção, com manutenções corretivas, ou programadas, ou preditivas. (por exemplo: 20 dias por ano)

**T<sub>ocio</sub> [dias]:** tempo morto, que foi gasto com problemas de produção, greves, reuniões, acidentes, etc. (por exemplo: 5 dias por ano)

$$\mathbf{C_{tot}} = \mathbf{C_{fix}} + \sum_i \mathbf{M_i} \cdot \mathbf{Pre_i} + \sum_j \mathbf{V} \cdot \mathbf{C_{var}}$$

**C<sub>tot</sub> [R\$]:** custo total da produção em um ano.

**C<sub>fix</sub> [R\$]:** custo fixo da produção em um ano.

**C<sub>var</sub> [R\$ por tonelada]:** custo variável da produção, em um ano.

**C<sub>mat</sub> [R\$ por tonelada]:** custo do material, em um ano.

**V [tonelada]:** volume de produção, em um ano.

**MaxProd [t/a]:** máxima produção.

**Pre<sub>i</sub> [R\$ por tonelada]:** preço de cada matéria-prima de produção, praticado no ano.

**M<sub>i</sub>** [tonelada]: volume de cada matéria-prima, em um ano.

$$Q_k = \sum \frac{M_i \cdot Q_i}{V}$$

**Q<sub>k</sub>** [%]: especificação obtida para o produto.

**Q<sub>i</sub>** [%]: especificação de cada uma das matérias-primas.

**avail<sub>i</sub>**[t]: disponibilidade das matérias-primas.

$$\sum_i M_i = V$$

$$R = \text{Pre}_k \cdot V$$

$$P = R - C_{\text{tot}}$$

**R** [R\$]: Vendas.

**Pre<sub>k</sub>**[R\$/t]: Preço de Venda.

$$0 \leq M_i \leq \text{avail}_i$$

$$Q_{\text{mín}} \leq \sum (Q_i * M_i) / V \leq Q_{\text{máx}}$$

$$0 \leq V \leq \text{demand}_k$$



**demand<sub>k</sub>[t]:** limite das vendas.

**variável objetivo:** P (Lucro em R\$/a)

**objetivo:** Maximizar P

#### **4.21. Análise do Contrato de Compra e Ampliação**

Nesta análise serão verificadas duas possibilidades de crescimento da produção, acompanhando a revisão do projeto e a ampliação das instalações da aciaria. Um primeiro caso com um investimento inicial de R\$ 80.000.000,00. E crescimento de 20% nos cinco primeiros anos de produção. O pagamento do investimento inicial é em 10 anos, e o pagamento das ampliações em 5 anos.

E um segundo caso com um investimento inicial de R\$ 80.000.000,00. E crescimento de 33,3% nos três primeiros anos de produção. O pagamento do investimento inicial é em 10 anos, e o pagamento das ampliações em cinco anos.

#### **4.22. Análise dos *Set-Up*'s**

São propostos três diferentes tipos de casos, para a análise dos *set-up*'s de um refino primário. O primeiro caso é de 14 dias trabalhados por mês e com 4 *set-up*'s por mês. O segundo caso é de 26 dias trabalhados por mês, com 4 *set-up*'s por mês. E o terceiro caso é de 28 dias trabalhados por mês, com um *set-up* por mês. Considerar o caso hipotético de uma produção de 150.000 toneladas de aço por ano, com um ciclo de produção de 50 min/corrida. Com o rendimento do Forno de 88%.

#### **4.23. Análise Ambiental**

Esta análise tratou dos aspectos com relação à geração de poeiras, geração de escória, geração de carepa, ruído, sistemas de despoejamento e tratamento de gases.

## **5. ANÁLISES**

### **5.1. Tipos de Análises**

A partir dos parâmetros básicos definidos no capítulo Metodologia, segue-se com a realização das seguintes análises:

- Aquisição de Ativos Imobilizados
- Custos Fixos
- Custos Variáveis
- Custo Total
- Lucro
- Impostos
- Análise de Sensibilidade
- Custo Marginal
- Produção Máxima - Capacidade Instalada
- Fluxo de Caixa
- Retorno sobre Investimento
- Taxa Interna de Retorno
- Riscos de Falhas Potenciais
- *Pay-Back*
- *Make or Buy*
- Matriz de Avaliação
- Análise BCG
- Planejamento Preliminar do Projeto
- Modelamento da Operação de Produção
- Análise do Contrato de Compra e Ampliação
- Análise dos *Set-Up's*
- Análise Ambiental

## **5.2. CAPEX - Aquisição de Ativos Imobilizados**

### **5.2.1. Investimentos no Processo FI**

Os investimentos para a implantação de uma nova aciaria no processo FI estão estimados e divididos nos seguintes tópicos:

Estudos: R\$ 20.000,00

Desenhos: R\$ 30.000,00

Despachante para a Autorização do Projeto: R\$ 10.000,00  
(ref.: uma vistoria R\$ 2.000,00 e uma multa R\$ 4.000,00)

Terreno de 200.000 m<sup>2</sup>: este custo não foi considerado neste estudo

Canteiro de Obras: R\$ 20.000,00

Terraplanagem: R\$ 300.000,00

Perdas de Material da Obra: R\$ 200.000,00

Prédios (fundações, laterais, cobertura, piso, pintura): R\$ 1.000,00 x 6.000 m<sup>2</sup> = R\$ 6.000.000,00

- Aciaria: 2.000 m<sup>2</sup>
- Preparação de Sucata: 2.000 m<sup>2</sup>
- Demais Áreas: 2.000 m<sup>2</sup>

Equipamentos de Armazéns (Porta Pallets): R\$ 20.000,00

**Pátio de Sucata:**

- Prensa Tesoura: R\$ 6.100.000,00
- Máquinas Móveis: R\$ 3.400.000,00
- Oxicorte: R\$ 20.000,00

Estoques Iniciais: R\$ 200.000,00

Forno: R\$ 6.800.000,00

Sala de Comando do Forno: R\$ 40.000,00

Sistemas de Ventilação: R\$ 200.000,00

Sistema de Despoeiramento: R\$ 4.760.000,00

Área de O<sub>2</sub>: Terceirizado

Sistema de Adição de Fundentes: R\$ 200.000,00

2 Pontes Rolantes: 2 x R\$ 10.000.000,00 = R\$ 20.000.000,00

Sistema de Cestões: R\$ 800.000,00

Carros Panelas: R\$ 1.300.000,00

Instalações (dutos, cotovelos, distribuição): R\$ 40.000,00

Ampliação de Escritórios, Laboratórios, Banheiros, Refeitório e Enfermaria: 200 m<sup>2</sup> x R\$ 1.000,00 = R\$ 200.000,00

Seleção de Trabalhadores e Treinamentos: R\$ 30.000,00

3 Caminhões: R\$ 600.000,00

Estacionamentos de Automóveis (20 vagas - 250 m<sup>2</sup>): R\$ 25.000,00

Estacionamentos de Caminhões (30 vagas - 2.000 m<sup>2</sup>): R\$ 200.000,00

Ruamento (10 x 1000 = 10.000 m<sup>2</sup>): R\$ 500.000,00

Ampliação da Sub-Estação Elétrica: R\$ 3.500.000,00

Torres de Resfriamento: R\$ 200.000,00

Ampliação da Caixa de Água: R\$ 60.000,00

Estação de Tratamento de Água: R\$ 990.000,00

Estação de Tratamento de Esgotos: R\$ 100.000,00

Sistema de Águas Pluviais: R\$ 20.000,00

Sistema de Combate a Incêndio: R\$ 150.000,00

Sistema de Controle de Radiações Ionizantes: R\$ 15.000,00

Sistema de Controle dos Impactos Ambientais: R\$ 15.000,00

Sistema de Para Raios: R\$ 10.000,00

Área de Manutenção: R\$ 200.000,00 (galpão e equipamentos)

Outros: Compressor, Balança, Lanças, Iluminação, Sistemas de Informática, Sistemas de Automação, Unidades Hidráulicas, Isolamento Acústico, Jardinagem e Área de Convívio Social: R\$ 500.000,00

**TOTAL: R\$ 79.358.000,00**

### **5.2.2. Investimentos no Processo EOF**

Os investimentos para a implantação de uma nova aciaria no processo EOF estão estimados e divididos nos seguintes tópicos:

Estudos: R\$ 20.000,00

Desenhos: R\$ 30.000,00

Despachante para a Autorização do Projeto: R\$ 10.000,00  
(ref.: uma vistoria R\$ 2.000,00 e, multas de até R\$ 4.000,00)

Terreno de 150.000 m<sup>2</sup>: este custo não foi considerado neste estudo

Canteiro de Obras: R\$ 20.000,00

Terraplanagem: R\$ 300.000,00

Perdas de Material da Obra (2% do custo da obra): R\$ 200.000,00

Prédios (fundações, laterais, cobertura, piso, pintura): R\$ 1.000,00 x 6.000 m<sup>2</sup> = R\$ 6.000.000,00

- Aciaria: 2.000 m<sup>2</sup>
- Preparação de Sucata: 2.000 m<sup>2</sup>
- Demais Áreas: 2.000 m<sup>2</sup>

Equipamentos de Armazéns (Porta Pallets): R\$ 20.000,00

**Pátio de Sucata:**

- Prensa Pacote: R\$ 500.000,00
- Máquinas Móveis: R\$ 3.400.000,00
- Oxicorte: R\$ 20.000,00

Estoques Iniciais: R\$ 200.000,00

Misturador de Gusa: R\$ 510.000,00

Carro e Panelas de Gusa: R\$ 1.257.000,00

Forno: R\$ 42.900.000,00

Sala de Comando do Forno: R\$ 40.000,00

Sistemas de Ventilação: R\$ 200.000,00

Sist. de Despoeiramento: R\$ 39.600.000,00

Área de O<sub>2</sub>: Terceirizado

Sistema de Adição de Fundentes: R\$ 200.000,00

2 Pontes Rolantes: 2 x R\$ 10.000.000,00 = R\$ 20.000.000,00

Sistema de Cestões: R\$ 816.000,00

Carros Panelas: R\$ 1.300.000,00

Instalações (dutos, cotovelos, distribuição): R\$ 40.000,00

Ampliação de Escritórios, Laboratórios, Banheiros, Refeitório e Enfermaria: 200 m<sup>2</sup> x R\$ 1.000,00 = R\$ 200.000,00

Seleção de Trabalhadores e Treinamentos: R\$ 30.000,00

15 Caminhões: R\$ 3.000.000,00

Estacionamentos de Automóveis (20 vagas - 250 m<sup>2</sup>): R\$ 25.000,00

Estacionamentos de Caminhões (30 vagas - 2.000 m<sup>2</sup>): R\$ 200.000,00

Ruamento (10 x 1000 = 10.000 m<sup>2</sup>): R\$ 500.000,00

Torres de Resfriamento: R\$ 200.000,00

Ampliação da Caixa de Água: R\$ 60.000,00

Estação de Tratamento de Água: R\$ 990.000,00

Estação de Tratamento de Esgotos: R\$ 100.000,00

Sistema de Águas Pluviais: R\$ 20.000,00

Sistema de Combate a Incêndio: R\$ 150.000,00

Sistema de Controle de Radiações Ionizantes: R\$ 15.000,00

Sistema de Controle dos Impactos Ambientais: R\$ 15.000,00

Sistema de Para Raios: R\$ 10.000,00

Área de Manutenção: R\$ 200.000,00 (galpão e equipamentos)

Outros: Compressor, Balança, Lanças, Iluminação, Sistemas de Informática, Sistemas de Automação, Unidades Hidráulicas, Isolamento Acústico, Jardinagem e Área de Convívio Social: R\$ 500.000,00

**TOTAL: R\$ 123.798.000,00**

### **5.2.3. Investimentos no Processo FEA**

Os investimentos para a implantação de uma nova aciaria no processo FEA estão estimados e divididos nos seguintes tópicos:

Estudos: R\$ 20.000,00

Desenhos: R\$ 30.000,00

Despachante para a Autorização do Projeto: R\$ 10.000,00  
(ref.: uma vistoria R\$ 2.000,00 e multa R\$ 4.000,00)

Terreno de 20.000 m<sup>2</sup>: este custo não foi considerado neste estudo

Canteiro de Obras: R\$ 20.000,00

Terraplanagem: R\$ 300.000,00

Perdas de Material da Obra: R\$ 200.000,00

Prédios (fundações, laterais, cobertura, piso, pintura): R\$ 1.000,00 x 6.000 m<sup>2</sup> = R\$ 6.000.000,00

- Aciaria: 2.000 m<sup>2</sup>
- Preparação de Sucata: 2.000 m<sup>2</sup>
- Demais Áreas: 2.000 m<sup>2</sup>

Equipamentos de Armazéns (Porta Pallets): R\$ 20.000,00

**Pátio de Sucata:**

- Prensa Tesoura: R\$ 6.100.000,00
- Máquinas Móveis: R\$ 3.400.000,00
- Oxicorte: R\$ 20.000,00

Estoques Iniciais: R\$ 200.000,00

Forno: R\$ 33.000.000,00

Sala de Comando do Forno: R\$ 40.000,00

Sistemas de Ventilação: R\$ 200.000,00

Sist. de Despoeiramento: R\$ 27.700.000,00

Área de O<sup>2</sup>: Terceirizado

Sistema de Adição de Fundentes: R\$ 200.000,00

2 Pontes Rolantes: 2 x R\$ 10.000.000,00 = R\$ 20.000.000,00

Sistema de Cestões: R\$ 816.000,00

Carros Panelas: R\$ 1.300.000,00

Instalações (dutos, cotovelos, distribuição): R\$ 40.000,00

Ampliação de Escritórios, Laboratórios, Banheiros, Refeitório e Enfermaria: 200 m<sup>2</sup> x R\$ 1.000,00 = R\$ 200.000,00

Seleção de Trabalhadores e Treinamentos: R\$ 30.000,00

6 Caminhões: R\$ 1.200.000,00

Estacionamentos de Automóveis (20 vagas - 250 m<sup>2</sup>): R\$ 25.000,00

Estacionamentos de Caminhões (30 vagas - 2.000 m<sup>2</sup>): R\$ 200.000,00

Ruamento: (10 x 1000 = 10.000 m<sup>2</sup>): R\$ 500.000,00  
Ampliação da Sub-Estação Elétrica: R\$ 20.000.000,00  
Filtro de Distribuição Elétrica: R\$ 3.300.000,00  
Torres de Resfriamento: R\$ 200.000,00  
Ampliação da Caixa de Água: R\$ 60.000,00  
Estação de Tratamento de Água: R\$ 990.000,00  
Estação de Tratamento de Esgotos: R\$ 100.000,00  
Sistema de Águas Pluviais: R\$ 20.000,00  
Sistema de Combate a Incêndio: R\$ 150.000,00  
Sistema de Controle de Radiações Ionizantes: R\$ 15.000,00  
Sistema de Controle dos Impactos Ambientais: R\$ 15.000,00  
Sistema de Para Raios: R\$ 10.000,00  
Área de Manutenção: R\$ 200.000,00 (galpão e equipamentos)  
Outros: Compressor, Balança, Lanças, Iluminação, Sistemas de Informática, Sistemas de Automação, Unidades Hidráulicas, Isolamento Acústico, Jardinagem e Área de Convívio Social: R\$ 500.000,00  
**TOTAL: R\$ 127.331.000,00**

Para estes investimentos foi feita a comparação relativa, conforme ilustra a tabela 1, a seguir:



Tabela 1: Comparação entre os investimentos nos processos.

INVESTIMENTOS	Forno FI	Forno EOF	Forno FEA
Estudos:	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Desenhos:	30.000,00	30.000,00	30.000,00
Despachante:	10.000,00	10.000,00	10.000,00
Terreno:			
Canteiro de Obras:	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Terraplanagem:	300.000,00	300.000,00	300.000,00
Perdas de Material da Obra:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Prédios:	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00
Equipamentos de Armazéns:	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Prensa:	6.100.000,00	500.000,00	6.100.000,00
Máquinas Móveis:	3.400.000,00	3.400.000,00	3.400.000,00
Oxicorte:	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Estoques Iniciais:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Misturador de Gusa:	510.000,00	510.000,00	
Carro e Painéis de Gusa	1.257.000,00	1.257.000,00	
Forno:	6.800.000,00	42.900.000,00	33.000.000,00
Ampliação da Sub-Estação Elétrica:	20.000.000,00		20.000.000,00
Filtro de Distribuição Elétrica:	3.300.000,00		3.300.000,00
Sala de Comando do Forno:	40.000,00	40.000,00	40.000,00
Sistemas de Ventilação:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Sist. de Despeiramento:	4.760.000,00	39.600.000,00	27.700.000,00
Sistema de Adição de Fundentes:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
2 Pontes Rolantes:	20.000.000,00	20.000.000,00	20.000.000,00
Sistema de Cestões:	816.000,00	816.000,00	816.000,00
Carros Painéis:	1.300.000,00	1.300.000,00	1.300.000,00
Instalações (dutos, cotovelos, distribuição):	40.000,00	40.000,00	40.000,00
Ampliação de Escritórios, Laboratórios e Refeitório:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Seleção de Trabalhadores e Treinamentos:	30.000,00	30.000,00	30.000,00
Caminhões:	600.000,00	3.000.000,00	1.200.000,00
Estacionamentos de Automóveis:	25.000,00	25.000,00	25.000,00
Estacionamentos de Caminhões:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Ruamento:	500.000,00	500.000,00	500.000,00
Torres de Resfriamento:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Ampliação da Caixa de Água:	60.000,00	60.000,00	60.000,00
Estação de Tratamento de Água:	990.000,00	990.000,00	990.000,00
Estação de Tratamento de Esgotos:	100.000,00	100.000,00	100.000,00
Sistema de Águas Pluviais:	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Sistema de Combate a Incêndio:	150.000,00	150.000,00	150.000,00
Sistema de Controle de Radiações Ionizantes:	15.000,00	15.000,00	15.000,00
Sistema de Controle dos Impactos Ambientais:	15.000,00	15.000,00	15.000,00

Sistema de Para Raios:	10.000,00	10.000,00	10.000,00
Área de Manutenção:	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Outros:	500.000,00	500.000,00	500.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>79.358.000,00</b>	<b>123.798.000,00</b>	<b>127.331.000,00</b>

Os investimentos mais importantes são os fornos, os sistemas de despoejamento e as prensas do pátio de sucatas. Os valores foram informados gentilmente pelos profissionais que nos atenderam nas visitas técnicas.

### 5.3. Custos Fixos

#### 5.3.1. Custos Fixos Anuais do Processo FI

Depreciação (10% do Investimento): R\$ 7.936.000,00

Seguros: R\$ 1.590.000,00

Pagamento de Financiamento (10 anos com juros de 9,5% a.a.)

- Amortização: R\$ 3.215.000,00

Mão de Obra Indireta (40 pessoas x R\$ 4.500,00 = R\$ 180.000,00) x 13 = R\$ 2.340.000,00

Material de Escritórios: R\$ 90.000,00

Alimentação: R\$ 300.000,00

Telefone: R\$ 75.000,00

Informática: R\$ 50.000,00

Limpeza: R\$ 150.000,00

Publicidade: R\$ 100.000,00

Manutenção (3% do Investimento): R\$ 2.380.000,00

Outros: R\$ 100.000,00

**TOTAL: R\$ 18.326.000,00**

**TOTAL SEM DEPRECIAÇÃO: R\$ 10.390.000,00**

- Juros: R\$ 2.790.000,00

#### 5.3.2. Custos Fixos Anuais do Processo EOF

Depreciação (10% do Investimento): R\$ 12.380.000,00

Seguros: R\$ 2.480.000,00

Pagamento de Financiamento (10 parcelas com juros de 9,5% a.a.)

- Amortização: R\$ 8.081.000,00
- Mão de Obra Indireta:  $(40 \text{ pessoas} \times \text{R\$ } 4.500,00 = \text{R\$ } 180.000,00) \times 13 = \text{R\$ } 2.340.000,00$
- Material de Escritórios: R\$ 150.000,00
- Alimentação: R\$ 300.000,00
- Telefone: R\$ 75.000,00
- Informática: R\$ 70.000,00
- Limpeza: R\$ 150.000,00
- Publicidade: R\$ 150.000,00
- Manutenção (3% do Investimento): R\$ 3.714.000,00
- Outros: R\$ 150.000,00
- TOTAL: R\$ 30.065.000,00**
- TOTAL SEM DEPRECIACÃO: R\$ 17.685.000,00**
- Juros: R\$ 7.010.000,00

### 5.3.3. Custos Fixos Anuais do Processo FEA

- Depreciação (10% do Investimento): R\$ 12.733.000,00
- Seguros: R\$ 255.000,00
- Pagamento de Financiamento (10 anos com juros de 9,5% a.a.):
- Amortização: R\$ 8.468.000,00
- Mão de Obra Indireta  $(35 \text{ pessoas} \times \text{R\$ } 4.500,00 = \text{R\$ } 157.500,00) \times 13 = \text{R\$ } 2.047.500,00$
- Material de Escritórios: R\$ 90.000,00
- Alimentação: R\$ 300.000,00
- Telefone: R\$ 75.000,00
- Informática: R\$ 50.000,00
- Limpeza: R\$ 150.000,00
- Publicidade: R\$ 100.000,00
- Manutenção: 3% do Investimento: R\$ 3.820.000,00
- Outros: R\$ 100.000,00
- TOTAL: R\$ 30.483.500,00**
- TOTAL SEM DEPRECIACÃO: R\$ 17.750.500,00**
- Juros: R\$ 7.350.000,00

Para os custos fixos foi feita a comparação relativa. Na tabela 2, vê-se que foi considerando o menor custo fixo como sendo 100%:

Tabela 2: Custos Fixos dos Processos.

<b>Custo Fixo</b>	<b>R\$</b>	<b>%</b>
<b>Forno FI</b>	<b>18.326.000,00</b>	<b>100</b>
<b>Forno EOF</b>	<b>30.065.000,00</b>	<b>164</b>
<b>Forno FEA</b>	<b>30.483.500,00</b>	<b>166</b>

## 5.4. Custos Variáveis

### 5.4.1. Custos Variáveis Anuais do Processo FI

#### Matérias-Primas

- Sucata a 100% (1,06 t a R\$ 437,00/t): R\$ 463,20/t
- Calcítica: 8,5 kg/t a R\$ 250,00/t: R\$ 2,13/t
- Dolomítica: 0,43 kg/t a R\$ 256,00/t: R\$ 0,11/t
- Gusa: 0%
- DRI: 0%
- Liga FeSiMn: 3,0 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 12,90/t
- Liga FeSi 75: 1,0 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 4,30/t
- Liga SiC: 0,13 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 0,56/t
- Liga Al: 0,09 kg/t a R\$ 5,00/kg: R\$ 0,45/t

**SUB-TOTAL: R\$ 483,66/t**

Refratários do Forno (9,3 kg/t a R\$ 4,00/kg): R\$ 37,20/t

Energia Elétrica (640 kWh/t a R\$ 0,24/kWh): R\$ 153,60/t

Oxigênio (2 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 0,45/Nm<sup>3</sup>): R\$ 0,90/t

Nitrogênio (6 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 0,21/Nm<sup>3</sup>): R\$ 1,26/t

Gás Natural (3,5 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 1,34/Nm<sup>3</sup>): R\$ 4,70/t

Pátio de Sucata: (1,16t a R\$ 71,00/t) = R\$ 82,40/t

**SUB-TOTAL: R\$ 280,00/t**

**150.000 x (R\$ 483,66/t + R\$ 280,00/t) = R\$ 114.549.000,00**

Iluminação (a cada 3 metros): R\$ 80.000,00

Água (5,5 m<sup>3</sup> por corrida): R\$ 112.000,00

Mão de Obra Direta (45 pessoas x R\$ 2.500,00 = R\$ 112.500,00) x 13 = R\$ 1.462.500,00

Encargos Sociais: R\$ 3.802.500,00

Consumíveis: R\$ 200.000,00

Partes Sobressalentes: R\$ 100.000,00

Transportes: R\$ 200.000,00

Troca de Filtros: R\$ 20.000,00

Uniformes: 4 uniformes x 85 x R\$ 50,00 = R\$ 17.000,00

Controles Ambientais: R\$ 20.000,00

Material de Segurança: 3 conjuntos x 85 x R\$ 100,00 = R\$ 25.500,00

Cilindros Pneumáticos (troca a cada 5 anos): R\$ 5.000,00

Compressor (troca a cada 20 anos): R\$ 50.000,00

Troca da Vedação (a cada 1.200 corridas): R\$ 30.000,00

Testes Hidrostáticos (a cada 6.000 corridas): R\$ 20.000,00

Outros: Cilindros de Gás para Empilhadeiras, Compras de Lanças, Gastos com Demissões: R\$ 100.000,00

**TOTAL: R\$ 6.244.500,00 (sem imposto)**

**Custos Variáveis Totais:**

**R\$ 120.795.600,00**

**RECEITA**

150.000 \* R\$ 1.500,00    **R\$ 225.000.000,00**

**CUSTO TOTAL            R\$ 139.121.600,00**

**CUSTO TOTAL            R\$ 131.185.600,00 (SEM DEPREC.)**

#### 5.4.2. Custos Variáveis Anuais do Processo EOF

##### Matérias-Primas

- Sucata (296 kg a R\$ 437,00/t): R\$ 129,30/t
- Calcítica: 5,35 kg/t a R\$ 250,00/t: R\$ 1,34
- Dolomítica: 0,35 kg/t a R\$ 250,00/t: R\$ 0,09
- Gusa Líquido (820 kg a R\$ 743,00/t): R\$ 609,26/t
- Gusa Sólido (60 kg a R\$ 743,00/t): R\$ 44,58/t
- DRI: 0%
- Liga FeSiMn: 5,04 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 21,69
- Liga FeSi 75: 1,7 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 7,30/t
- Liga SiC: 0,13 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 0,56/t
- Liga Al: 0,09 kg/t a R\$ 5,00/kg: R\$ 0,45/t
- Liga CaC<sub>2</sub>: 0,26 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 1,12/t
- Coke: 0,22 kg/t a R\$ 630,00/t: R\$ 0,14

**SUB-TOTAL: R\$ 815,90/t**

Refratários do Forno (9,5 kg/t a R\$ 4,00/kg): R\$ 38,00/t

Energia Elétrica (100 kWh/t a R\$ 0,24/kWh): R\$ 24,00/t

Oxigênio (60 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 0,45/Nm<sup>3</sup>): R\$ 27,00/t

Nitrogênio (6 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 0,21/Nm<sup>3</sup>): R\$ 1,26/t

Gás Natural (3,5 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 1,34/Nm<sup>3</sup>): R\$ 4,70/t

Pátio de Sucata: (0,296t a R\$ 71,00/t) = R\$ 21,00/t

**SUB-TOTAL: R\$ 116,00/t**

**150.000 x (R\$ 815,90/t + R\$ 116,00/t) = R\$ 139.774.600,00**

Iluminação (a cada 3 metros): R\$ 80.000,00

Água: (22 m<sup>3</sup> por corrida): R\$ 450.000,00

Mão de Obra Direta (45 pessoas x R\$ 2.500,00 = R\$ 112.500,00) x 13 = R\$ 1.462.500,00

Encargos Sociais: R\$ 3.802.500,00  
 Consumíveis: R\$ 250.000,00  
 Partes Sobressalentes: R\$ 100.000,00  
 Transportes: R\$ 300.000,00  
 Troca de Filtros: R\$ 20.000,00  
 Uniformes: 4 uniformes x 85 x R\$ 50,00 = R\$ 17.000,00  
 Controles Ambientais: R\$ 20.000,00  
 Material de Segurança: 3 conjuntos x 85 x R\$ 100,00 = R\$ 25.500,00  
 Troca dos Garfos (a cada 6.000 corridas): R\$ 20.000,00  
 Cilindros Pneumáticos (troca a cada 5 anos): R\$ 5.000,00  
 Compressor (troca a cada 20 anos): R\$ 50.000,00  
 Troca da Vedação (a cada 1.200 corridas): R\$ 30.000,00  
 Testes Hidrostáticos (a cada 6.000 corridas): R\$ 20.000,00  
 Outros: Cilindros de Gás para Empilhadeiras, Compras de Lanças, Gastos com Demissões: R\$ 100.000,00

**TOTAL: R\$ 6.932.500,00 (sem imposto)**

**Custos Variáveis Totais: R\$ 146.707.100,00**

**RECEITA**

150.000 \* R\$ 1.500,00                      **R\$ 225.000.000,00**

**CUSTO TOTAL                      R\$ 176.772.100,00**

**CUSTO TOTAL                      R\$ 164.392.100,00                      (sem deprec.)**

**5.4.3. Custos Variáveis Anuais do Processo FEA**

O forno FEA pode ter uma variação grande da composição do banho que vai de 75% a 100% de sucata. Como o preço da sucata é 40% menor do que o preço do ferro gusa, a carga composta de 100% de sucata será a mais econômica. E para avaliar a condição mais crítica, também faremos a análise com a composição do banho com 75% de sucata.

Matérias-Primas

- Sucata (1,16 t a R\$ 437,00/t): R\$ 506,90

- Calcítica: 5,22 kg/t a R\$ 250,00/t: R\$ 1,30
- Dolomítica: 0,43 kg/t a R\$ 250,00/t: R\$ 0,11
- Gusa Líquido: 0%
- Gusa Sólido: 0%
- DRI: 0%
- Liga FeSiMn: 5,04 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 21,69
- Liga FeSi 75: 1,7 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 7,30/t
- Liga SiC: 0,13 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 0,56/t
- Liga Al: 0,09 kg/t a R\$ 5,00/kg: R\$ 0,45/t
- Liga CaC<sub>2</sub>: 0,26 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 1,12/t
- Coke: 0,09 kg/t a R\$ 630,00/t: R\$ 0,06

**SUB-TOTAL: R\$ 539,50/t**

- Sucata (857 kg a R\$ 437,00/t): R\$ 374,50
- Calcítica: 5,22 kg/t a R\$ 250,00/t: R\$ 1,30
- Dolomítica: 0,43 kg/t a R\$ 250,00/t: R\$ 0,11
- Gusa Líquido (0,120t a R\$ 743,00/t): R\$ 89,20/t
- Gusa Sólido (0,184 t a R\$ 743,00/t): R\$ 136,70/t
- DRI: 0%
- Liga FeSiMn: 5,04 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 21,69
- Liga FeSi 75: 1,7 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 7,30/t
- Liga SiC: 0,13 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 0,56/t
- Liga Al: 0,09 kg/t a R\$ 5,00/kg: R\$ 0,45/t
- Liga CaC<sub>2</sub>: 0,26 kg/t a R\$ 4,30/kg: R\$ 1,12/t
- Coke: 0,09 kg/t a R\$ 630,00/t: R\$ 0,06

**SUB-TOTAL: R\$ 632,96/t**

Eletródos (2 kg/t a R\$ 6,12/t): R\$ 12,24/t

Refratários do Forno (6 kg/t a R\$ 4,00/kg): R\$ 24,00/t

Energia Elétrica (670 kWh/t a R\$ 0,24/kWh): R\$ 160,80



Oxigênio (15 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 0,45/Nm<sup>3</sup>): R\$ 6,75/t  
Nitrogênio (6 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 0,21/Nm<sup>3</sup>): R\$ 1,26/t  
Gás Natural (3,5 Nm<sup>3</sup>/t a R\$ 1,34/Nm<sup>3</sup>): R\$ 4,70/t  
Pátio de Sucata: (0,857t a R\$ 71,00/t) = R\$ 60,85/t

**SUB-TOTAL: R\$ 270,60/t**

**150.000 x (R\$ 632,96/t + R\$ 270,60/t) = R\$ 135.532.000,00**

Iluminação (a cada 3 metros): R\$ 80.000,00

Água: (5,5 m<sup>3</sup> por corrida): R\$ 112.000,00

Mão de Obra Direta (45 pessoas x R\$ 2.500,00 = R\$ 112.500,00) x 13 = R\$ 1.462.500,00

Encargos Sociais: R\$ 3.510.000,00

Consumíveis: R\$ 200.000,00

Partes Sobressalentes: R\$ 100.000,00

Transportes: R\$ 200.000,00

Troca de Filtros: R\$ 20.000,00

Uniformes: 4 uniformes x 80 x R\$ 50,00 = R\$ 16.000,00

Controles Ambientais: R\$ 20.000,00

Material de Segurança: 3 conjuntos x 80 x R\$ 100,00 = R\$ 24.000,00

Cilindros Pneumáticos (troca a cada 5 anos): R\$ 5.000,00

Compressor (troca a cada 20 anos): R\$ 50.000,00

Troca da Vedação (a cada 1.200 corridas): R\$ 30.000,00

Testes Hidrostáticos (a cada 6.000 corridas): R\$ 20.000,00

Outros: Cilindros de Gás para Empilhadeiras, Compras de Lanças, Gastos com Demissões: R\$ 100.000,00

**TOTAL: R\$ 5.949.500,00 (sem imposto)**

**Custos Variáveis Totais: R\$ 141.481.400,00**

**RECEITA**

150.000 * R\$ 1.500,00	<b>R\$ 225.000.000,00</b>	
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 171.964.930,00</b>	
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 159.231.930,00</b>	(sem depreciação)

Para os custos foi feita a comparação relativa mais especificamente, para custos variáveis de materiais e custos variáveis de utilidades, como se vê nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Custos Variáveis de Materiais.

<b>Custo Material</b>	<b>R\$/t</b>	<b>%</b>
<b>Forno FI</b>	<b>483,66</b>	<b>100</b>
<b>Forno EOF</b>	<b>815,86</b>	<b>169</b>
<b>Forno FEA</b>	<b>632,96</b>	<b>131</b>

Tabela 4: Custos Variáveis de Utilidades.

<b>Custo Insumos</b>	<b>R\$/t</b>	<b>%</b>
<b>Forno FI</b>	<b>280,01</b>	<b>241</b>
<b>Forno EOF</b>	<b>115,97</b>	<b>100</b>
<b>Forno FEA</b>	<b>270,59</b>	<b>233</b>

### **5.5. OPEX - Custos Totais**

E foi feita a comparação relativa para os custos variáveis por tonelada de aço, com se vê na tabela 6. Os menores valores foram considerados como sendo 100%.

Tabela 5: Custo Operacional - OPEX.

<b>Custo Total</b>	<b>R\$</b>	<b>%</b>
<b>Forno FI</b>	<b>139.121.600,00</b>	<b>100</b>
<b>Forno EOF</b>	<b>176.772.100,00</b>	<b>127</b>
<b>Forno FEA</b>	<b>171.964.930,00</b>	<b>124</b>

Tabela 6: Custos Variáveis Totais por Tonelada.

<b>Custo Var. Total</b>	<b>R\$/t</b>	<b>%</b>
<b>Forno FI</b>	<b>805,30</b>	<b>100</b>
<b>Forno EOF</b>	<b>978,05</b>	<b>121</b>
<b>Forno FEA</b>	<b>943,21</b>	<b>117</b>

Fazendo um raciocínio por absurdo, para igualar os custos totais dos processos FEA e EOF, deveríamos aumentar a composição do banho EOF com sucata, ou aumentar a composição do banho FEA com gusa. Mas isto não será possível, pois as duas composições já estão nos limites. Assim sendo, conclui-se que o custo total do processo FEA nunca poderá ser superado pelo processo EOF.

## 5.6. Lucro

Das planilhas foram obtidos os valores:

### 5.6.1. Processo FI

<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 85.9 MM</b>	(com deprec. /com amortiz. /sem imposto)
<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 96.7 MM</b>	(sem deprec. /sem amortiz. /sem imposto)

### 5.6.2. Processo EOF

<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 48.2 MM</b>	(com deprec /com amortiz /sem imposto)
<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 68.0 MM</b>	(sem deprec /sem amortiz. /sem imposto)

### 5.6.3. Processo FEA

<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 53.0 MM</b>	(com deprec. /com amortiz. /sem imposto)
<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 73.5 MM</b>	(sem deprec. /sem amortiz. /sem imposto)

Para os lucros (sem depreciação, sem amortização, e sem impostos) foi feita a comparação relativa, na tabela 7, a seguir:

Tabela 7: Lucro dos processos.

<b>Lucro</b>	<b>MM R\$</b>	<b>%</b>
<b>Forno FI</b>	<b>85.9</b>	<b>100</b>
<b>Forno EOF</b>	<b>48.2</b>	<b>56</b>
<b>Forno FEA</b>	<b>53.0</b>	<b>62</b>

## **5.7. Impostos**

Das planilhas foram obtidos os valores:

### **5.7.1. Forno FI**

R\$ 26.1 MM

### **5.7.2. Forno EOF**

R\$ 18.4 MM

### **5.7.3. Forno FEA**

R\$ 19.8 MM

Para os impostos foi feita a comparação relativa na tabela 8, considerando o menor valor como sendo 100%:

Tabela 8: Impostos.

<b>Imposto</b>	<b>MM R\$</b>	<b>%</b>
<b>Forno FI</b>	<b>26.1</b>	<b>142</b>
<b>Forno EOF</b>	<b>18.4</b>	<b>100</b>
<b>Forno FEA</b>	<b>19.8</b>	<b>108</b>

## **5.8. Análise de Sensibilidade**

### **5.8.1. Análise de Sensibilidade do Lucro com relação ao Volume de Produção**

### 5.8.1.1. Processo FI

As tabelas 9, 10 e 11 apresentam o lucro em função do volume de produção. Foi considerado o volume máximo de produção para cada um dos processos. Então foram calculados o diferencial e a declividade, conforme as equações acima.

Tabela 9: Análise de Sensibilidade do Volume de Produção - FI.

Observação	Volume Prod. t/a	Lucro (MM R\$)	%
	140.000	78,5	91,39%
Volume atual	150.000	85,9	1
	160.000	96,2	111,99%
	170.000	106,5	123,98%
	180.000	116,8	135,97%
	200.000	127,1	147,96%
Máxima produção	220.000	137,4	159,95%

Declividade	736,25	R\$/t/a
Diferencial	68,57%	%

### 5.8.1.2. Processo EOF

Tabela 10: Análise de Sensibilidade do Volume de Produção - EOF.

Observação	Volume Prod. t/a	Lucro (MM R\$)	%
	130.000	37,8	78,42%
Volume atual	150.000	48,2	1
	170.000	61,6	127,80%
	190.000	75,1	155,81%
	210.000	88,6	183,82%
	240.000	102,1	211,83%
Máxima produção	279.000	115,6	239,83%

Declividade	522,15	R\$/t/a
Diferencial	161,41%	%

### 5.8.1.3. Processo FEA

Tabela 11: Análise de Sensibilidade do Volume de Produção - FEA.

Observação	Volume Prod. (t/a)	Lucro (MM R\$)	%
	130.000	41,9	79,06%
Volume atual	150.000	53,0	1
	170.000	61,4	115,85%
	190.000	69,6	131,32%
	210.000	78,0	147,17%
	220.000	86,4	163,02%
Máxima Produção	225.000	94,8	178,87%

Declividade	556,84	R\$/t/a
Diferencial	99,8%	%

## 5.8.2. Análise de Sensibilidade do Lucro com relação ao Preço da Energia Elétrica

### 5.8.2.1. Processo FI

As tabelas 12, 13 e 14 apresentam o lucro em função do preço da energia elétrica, para cada um dos processos. Então foram calculados o diferencial e a declividade.

Tabela 12: Análise de Sensibilidade do Preço da Energia Elétrica - FI.

Observação	Custo EE R\$ / kWh	Lucro (MM R\$)	%	Declividade	-95,83	MM R\$/R\$/kWh
( - 50% )	0,12	97,4	113,39%	Diferencial	26,78%	%
	0,16	93,6	108,96%			
	0,20	89,8	104,54%			
Valor atual	0,24	85,9	1			
	0,28	82,1	95,58%			
	0,32	78,3	91,15%			
( + 50% )	0,36	74,4	86,61%			

### 5.8.2.2. Processo EOF

Tabela 13: Análise de Sensibilidade do Preço da Energia Elétrica - EOF.

Observação	Custo EE R\$ / kWh	Lucro (MM R\$)	%	Declividade	-15,00	MM R\$/R\$/kWh
( - 50% )	0,12	50,0	103,73%	Diferencial	7,47%	%
	0,16	49,4	102,49%			
	0,20	48,8	101,24%			
Valor atual	0,24	48,2	1			
	0,28	47,6	98,76%			
	0,32	47,0	97,51%			
( + 50% )	0,36	46,4	96,27%			

### 5.8.2.3. Processo FEA

Tabela 14: Análise de Sensibilidade do Preço da Energia Elétrica - FEA.

Observação	Custo EE R\$/kWh	Lucro (MM R\$)	%	Declividade	-100,42	MM R\$/R\$/kWh
( - 50% )	0,12	65,1	122,83%	Diferencial	45,5%	%
	0,16	61,0	115,09%			
	0,20	57,0	107,55%			
Valor atual	0,24	53,0	1			
	0,28	49,0	92,45%			
	0,32	45,0	84,91%			
( + 50% )	0,36	41,0	77,36%			

### 5.8.3. Análise de Sensibilidade do Lucro com relação ao Preço do Ferro Gusa

As tabelas 15, 16 e 17 apresentam o lucro em função do preço do ferro gusa, para cada um dos processos. Então foram calculados o diferencial e a declividade.

#### 5.8.3.1. Processo FI

Tabela 15: Análise de Sensibilidade do Preço do Gusa - FI.

Observação	Preço Gusa R\$ / t	Lucro (MM R\$)	%	Declividade	0,00	MM R\$/R\$/t
( - 50% )	372,00	85,9	1	Diferencial	0,00%	%
	476,00	85,9	1			
Valor atual	743,00	85,9	1			
	952,00	85,9	1			
( + 50% )	1.114,00	85,9	1			

Esta análise apenas reafirma que o lucro para o processo FI é totalmente independente com relação ao consumo de ferro gusa.

#### 5.8.3.2. Processo EOF

Tabela 16: Análise de Sensibilidade do Preço do Gusa - EOF.

Observação	Preço Gusa R\$ / t	Lucro (MM R\$)	%	Declividade	-0,13	MM R\$/R\$/t
( - 50% )	372,00	97,2	201,66%	Diferencial	203,11%	%
	476,00	80,9	167,84%			
	595,00	64,6	134,02%			
Valor atual	743,00	48,2	1			
	833,00	31,9	66,18%			
	952,00	15,6	32,37%			
( + 50% )	1.114,00	-0,7	-1,45%			

#### 5.8.3.3. Processo FEA

Tabela 17: Análise de Sensibilidade do Preço do Gusa - FEA.

Observação	Preço Gusa R\$/t	Lucro (MM R\$)	%	Declividade	-45.687,3	R\$/R\$/t
( - 50% )	372,00	70,0	132,08%	Diferencial	64,0%	%
	476,00	64,0	120,75%			
	595,00	58,5	110,38%			
Valor atual	743,00	53,0	1			
	833,00	47,5	89,62%			
	952,00	42,0	79,25%			
( + 50% )	1.114,00	36,1	68,11%			

#### 5.8.4. Análise de Sensibilidade do Lucro com relação ao Preço da Sucata

As tabelas 18, 19 e 20 apresentam o lucro em função do preço da sucata, para cada um dos processos. Então foram calculados o diferencial e a declividade.

##### 5.8.4.1. Processo FI

Tabela 18: Análise de Sensibilidade do Preço da Sucata - FI.

Observação	Preço Sucata R\$ / t	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	218,00	120,7	140,51%
	284,50	109,2	127,12%
	355,60	97,7	113,74%
Valor atual	437,00	85,9	1
	497,80	74,4	86,61%
	568,90	62,9	73,22%
( + 50% )	655,00	51,2	59,60%

Declividade	-0,16	MM R\$/R\$/t
Diferencial	80,91%	%

##### 5.8.4.2. Processo EOF

Tabela 19: Análise de Sensibilidade do Preço da Sucata - EOF.

Observação	Preço Sucata R\$ / t	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	218,00	58,0	120,33%
	284,50	54,7	113,49%
	355,60	51,4	106,64%
Valor atual	437,00	48,2	1
	497,80	44,9	93,15%
	568,90	41,6	86,31%
( + 50% )	655,00	38,5	79,88%

Declividade	-0,04	MM R\$/R\$/t
Diferencial	40,46%	%

##### 5.8.4.3. Processo FEA

Tabela 20: Análise de Sensibilidade do Preço da Sucata - FEA.

Observação	Preço Sucata R\$/t	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	218,00	81,2	153,21%
	284,50	71,6	135,09%
	355,60	62,3	117,55%
Valor atual	437,00	53,0	1
	497,80	43,6	82,26%
	568,90	34,3	64,72%
( + 50% )	655,00	25,0	47,17%

Declividade	-128.604,1	R\$/R\$/t
Diferencial	106,0%	%



### 5.8.5. Análise de Sensibilidade do Lucro com relação ao Preço do Aço Produzido

As tabelas 21, 22 e 23 apresentam o lucro em função do preço de venda do aço produzido, para cada um dos processos. Então foram calculados o diferencial e a declividade.

#### 5.8.5.1. Processo FI

Tabela 21: Análise de Sensibilidade do Preço do Aço Produzido - FI.

Observação	Preço Aço Produzido	Lucro	
	R\$ / t	(MM R\$)	%
( - 50% )	750,00	-26,6	-30,97%
	1.000,00	10,9	12,69%
	1.250,00	48,4	56,34%
Valor atual	1.500,00	85,9	1
	1.750,00	123,4	143,66%
	2.000,00	160,9	187,31%
( + 50% )	2.250,00	198,4	230,97%

Declividade	0,15	MM R\$/R\$/t
Diferencial	261,93%	%

#### 5.8.5.2. Processo EOF

Tabela 22: Análise de Sensibilidade do Preço do Aço Produzido - EOF.

Observação	Preço Aço Produzido	Lucro	%
	R\$ / t	(MM R\$)	%
( - 50% )	750,00	-64,3	-133,40%
	1.000,00	-26,8	-55,60%
	1.250,00	10,7	22,20%
Valor atual	1.500,00	48,2	1
	1.750,00	85,7	177,80%
	2.000,00	123,2	255,60%
( + 50% )	2.250,00	160,7	333,40%

Declividade	0,15	MM R\$/R\$/t
Diferencial	466,80%	%

#### 5.8.5.3. Processo FEA

Tabela 23: Análise de Sensibilidade do Preço do Aço Produzido - FEA.

Observação	Preço Aço Produzido	Lucro	
	R\$/t	(MM R\$)	%
( - 50% )	750,00	-59,5	-112,26%
	1.000,00	-22,0	-41,51%
	1.250,00	15,5	29,25%
Valor atual	1.500,00	53,0	1
	1.750,00	90,5	170,75%
	2.000,00	128,0	241,51%
( + 50% )	2.250,00	165,5	312,26%

Declividade	0,15	MM R\$/R\$/t
Diferencial	424,5%	%

### 5.8.6. Análise de Sensibilidade do Lucro com relação ao Salário da Mão de Obra Direta

As tabelas 24, 25 e 26 apresentam o lucro em função do salário da mão de obra direta (MOD), para cada um dos processos. Então foram calculados o diferencial e a declividade.

#### 5.8.6.1. Processo FI

Tabela 24: Análise de Sensibilidade ao Salário da Mão de Obra Direta - FI.

Observação	MOD	Lucro	
	R\$ / pessoa	(MM R\$)	%
( - 50% )	1.250,00	87,3	101,63%
	1.667,00	86,9	101,16%
	2.080,00	86,4	100,58%
Valor atual	2.500,00	85,9	1
	2.920,00	85,4	99,42%
	3.330,00	84,9	98,84%
( + 50% )	3.750,00	84,4	98,25%

Declividade	-1,16	kR\$/R\$/pes
Diferencial	3,38%	%

#### 5.8.6.2. Processo EOF

Tabela 25: Análise de Sensibilidade ao Salário da Mão de Obra Direta - EOF.

Observação	MOD	Lucro	
	R\$ / pessoa	(MM R\$)	%
( - 50% )	1.250,00	49,7	103,11%
	1.667,00	49,2	102,07%
	2.080,00	48,7	101,04%
Valor atual	2.500,00	48,2	1
	2.920,00	47,7	98,96%
	3.330,00	47,2	97,93%
( + 50% )	3.750,00	46,8	97,10%

Declividade	-1,16	kR\$/R\$/pes
Diferencial	6,02%	%

#### 5.8.6.3. Processo FEA

Tabela 26: Análise de Sensibilidade ao Salário da Mão de Obra Direta - FEA.

Observação	MOD	Lucro	
	R\$/pessoa	(MM R\$)	%
( - 50% )	1.250,00	54,5	102,83%
	1.667,00	54,0	101,89%
	2.080,00	53,5	100,94%
Valor atual	2.500,00	53,0	1
	2.920,00	52,5	99,06%
	3.330,00	52,0	98,11%
( + 50% )	3.750,00	51,6	97,36%

Declividade	-1,16	kR\$/R\$/pes
Diferencial	5,5%	%

## 5.9. Custo Marginal

Nas planilhas de custos dos três processos, foram feitos os cálculos considerando uma variação da produção de 0,5% para mais e para menos.

As tabelas 27, 28 e 29 apresentam o custo em função do volume de produção, para cada um dos processos. Então foram calculados os custos marginais conforme a equação acima.

### 5.9.1. Custo Marginal FI

Tabela 27: Dados para o cálculo do Custo Marginal FI.

Observação	Produção	Custo	
	t/a	(MM R\$)	%
(-) 0,5%	149.250	130,7	99,6%
Volume atual	150.000	131,2	1
(+) 0,5%	150.750	131,7	100,4%

### 5.9.2. Custo Marginal EOF

Tabela 28: Dados para o cálculo do Custo Marginal EOF.

Observação	Produção	Custo	
	t/a	(MM R\$)	%
(-) 0,5%	149.250	163,7	99,6%
Volume atual	150.000	164,4	1
(+) 0,5%	150.750	165,1	100,4%

### 5.9.3. Custo Marginal FEA

Tabela 29: Dados para o cálculo do Custo Marginal FEA.

Observação	Produção	Custo	
	t/a	(MM R\$)	%
(-) 0,5%	149.250	158,6	99,6%
Volume atual	150.000	159,2	1
(+) 0,5%	150.750	159,8	100,4%

Para os três processos, os Custos Marginais são positivos e, portanto com custos crescentes, o que significa que o nível de produção já superou a fase de economia a de escala. Os Custos Marginais foram calculados como:

### 5.9.4. Custo Marginal FI

$$\delta C / \delta Q = 667,00 \text{ R\$/t.}$$

### **5.9.5. Custo Marginal EOF**

$$\delta C / \delta Q = 933,00 \text{ R\$/t.}$$

### **5.9.6. Custo Marginal FEA**

$$\delta C / \delta Q = 800,00 \text{ R\$/t.}$$

## **5.10. Produção Máxima - Capacidade Instalada**

### **5.10.1. Processo FI**

Ciclo de Produção: 65 min/corrída.

Rendimento do Forno: 90,6%.

Para um forno de 30 toneladas de capacidade, com um ciclo de 65 minutos, em 4 turnos, e com o rendimento de 90,6%, corresponde a **220.000** toneladas por ano.

### **5.10.2. Processo EOF**

Ciclo de Produção: 32 min/corrída.

Rendimento do Forno: 85%

Para um forno de 20 toneladas de capacidade utilizada, com um ciclo de 32 minutos, em 4 turnos, e com o rendimento de 85%, a produção máxima será de **279.000** toneladas por ano.

### **5.10.3. Processo FEA**

Ciclo de Produção: 52 min/corrída.

Rendimento do Forno: 88,9%

Para um forno de 25 toneladas de capacidade, com um ciclo de 52 minutos, em 4 turnos, e com o rendimento de 88,9%, a produção máxima será de **225.000** toneladas por ano.

## **5.11. Fluxo de Caixa**

As planilhas dos três fluxos de caixa, estão nos anexos: Fluxo de Caixa.FI.xlsx, Fluxo de Caixa.EOF.xlsx e Fluxo de Caixa.FEA.xlsx.

## **5.12. Taxa Interna de Retorno - TIR**

Os valores calculados nas planilhas de Fluxo de Caixa - ver o item 5.11 - são:

### **5.12.1. Processo FI**

69,2 %

### **5.12.2. Processo EOF**

39,2 %

### **5.12.3. Processo FEA**

38,1 %

## **5.13. Retorno sobre Investimento - ROI**

O ROI é uma medida tipicamente contábil e, portanto, trata-se de uma análise a ser feita após a realização da operação empresarial.

## **5.14. Riscos de Falhas Potenciais**

O Riscos de Falhas Potenciais estão apresentados nos arquivos anexos: Analise de Riscos de Produto, de Processo e de Projeto.

## **5.15. Pay-Back**

### **5.15.1. Pay-Back FI**

Investimento: R\$ 79,4 MM

Lucro - Imposto: R\$ 85,9 MM - R\$ 26,1 MM = R\$ 59,8 MM

PB = 16 meses

### **5.15.2. Pay-Back EOF**

Investimento: R\$ 123,8 MM

Lucro - Imposto: R\$ 48,2 MM - R\$ 18,4 MM = R\$ 29,8 MM

PB = 50 meses

### **5.15.3. Pay-Back FEA**

Investimento: R\$ 127,3 MM

Lucro - Imposto: R\$ 53,0 MM - R\$ 19,8 MM = R\$ 33,2 MM

PB = 46 meses

**5.15.4.** Considerar também um *Pay-Back* **especial** com os valores das máximas produções:

- Processo FI: 10 meses
- Processo EOF: 22 meses
- Processo FEA: 14 meses

### **5.16. *Make or Buy***

Para a comparação entre comprar ou produzir o aço internamente, usam-se os valores calculados nas planilhas dos três processos.

#### **5.16.1. *Make or Buy* - FI**

Compra de tarugos: R\$ 240.000.000,00

Custo + Imposto: R\$ 139,1 + R\$ 26,1 MM = R\$ 165,2 MM

Vantagem em produzir, do valor de R\$ 74,8 MM por ano

#### **5.16.2. *Make or Buy* - EOF**

Compra de tarugos: R\$ 240.000.000,00

Custo + Imposto: R\$ 176,8 + R\$ 18,4 MM = R\$ 195,2 MM

Vantagem em produzir, do valor de R\$ 44,8 MM por ano

#### **5.16.3. *Make or Buy* - FEA**

Compra de tarugos: R\$ 240.000.000,00

Custo + Imposto: R\$ 172,0 + R\$ 19,8 MM = R\$ 191,8 MM

Vantagem em produzir, do valor de R\$ 48,2 MM por ano

**Observação:** para o cálculo da análise *make or buy*, os custos já consideram a depreciação dos investimentos em dez anos.

Portanto, para os três processos, a vantagem está em produzir o aço, ao invés de comprá-lo. E esta vantagem é de R\$ 74,8 MM para o processo FI. De R\$ 44,8 MM para o processo EOF. E de R\$ 48,2 MM para o FEA.

## 5.17. Matriz de Avaliação

Dos resultados, observamos que o forno EOF obteve 34,9% do total dos pontos, o forno FEA obteve 33,6% e o forno obteve FI 31,4%. Portanto podemos concluir que as pontuações são bastante próximas, com diferenças na casa dos 2%. E isto ressalta mais uma vez que os três processos já são bastante tradicionais e bastante evoluídos. A Matriz de Avaliação foi elaborada na planilha Excel: Matriz Avaliação.xlsx.

## 5.18. Análise BCG

Das análises, observamos que o processo FI não tem qualquer flexibilidade, ficando estático em 100% de sucata. O processo FEA poderá variar entre 75% e 100% de sucata. E o processo EOF poderá variar entre 10% e 30% de sucata.

Dentro da faixa de flexibilidade dos processos EOF e do FEA, testes de validação deverão ser feitos para consolidar as instruções de processo para cinco ou seis composições de carga do banho. E assim deixar as instruções de processos formalizadas. Para os três processos, a Análise BCG foi elaborada no arquivo anexo: Analise BCG.xpng.

## 5.19. Planejamento Preliminar do Projeto

O Cronograma do Projeto foi elaborado no arquivo anexo: Cronograma.xls.

## 5.20. Modelamento da Operação de Produção

As tabelas a seguir (30 até 41) apresentam os dados considerados nestas análises e, também os resultados obtidos para a simulação e otimização das condições de processo.

### 5.20.1. Modelamento da Operação de Processo FI

Tabela 30: Dados de material para o cálculo do Modelamento de Operação FI.

Materiais			
Sucata	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Sucata 1	250,00	30.000	0,055
Sucata 2	400,00	80.000	0,05
Sucata 3	500,00	100.000	0,045
Gusa	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Gusa 1	750,00	0	0,04
Gusa 2	650,00	0	0,03

Tabela 31: Dados para o cálculo do Modelamento FI.

<b>Dados</b>	
Custo Fixo (R\$/a)	15.871.000,00
Custo Var. Total (R\$/t)	834,65
Custo Material(R\$/t)	529,70
Custo Variavel (R\$/t)	304,95
Preço de Venda (R\$/t)	2.000,00
Venda (t)	150.000
Forno (t)	30
Rendimento (%)	90,6%
Corridas por dia	19

Tabela 32: Modelamento dos Volumes - FI.

<b>Sucata</b>	<b>Volume</b>
Sucata 1	30.000
Sucata 2	80.000
Sucata 3	55.563
TOTAL	165.563

<b>Enxofre</b>	<b>(%)</b>
Final	0,049228

Tabela 33: Modelamento - FI.

<b>Processo FI</b>	
Tmanut (dias)	40
Toper (dias)	325
Turnos	4
V (t/a)	150.000
Cvar (R\$/a)	117.769.867,68
Cfix (R\$/a)	15.871.000,00
V (MAX)	190.000
Impostos (R\$/a)	44.916.965,81
Ctot (R\$/a)	133.640.867,68
R (R\$/a)	300.000.000,29
Ciclo (min)	65,0
<b>Lucro (R\$/a)</b>	<b>166.359.132,61</b>



## 5.20.2. Modelamento da Operação de Processo EOF

Tabela 34: Dados de material para o cálculo do Modelamento EOF.

Materiais			
Sucata	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Sucata 1	250,00	30.000	0,07
Sucata 2	400,00	80.000	0,065
Sucata 3	500,00	100.000	0,065
Gusa Líquido	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Gusa 1	750,00	80.000	0,04
Gusa 2	650,00	60.000	0,044

Tabela 35: Dados para o cálculo do Modelamento EOF.

Dados	
Custo Fixo (R\$/a)	33.122.000,00
Custo Var. Total (R\$/t)	914,09
Custo Material (R\$/t)	789,98
Custo Variável (R\$/t)	124,11
Preço de Venda (R\$/t)	2.000,00
Max Venda (t)	150.000
Forno (t)	20
Rendimento (%)	85,0%
Corridas por dia	29

Tabela 36: Modelamento dos Volumes - EOF.

Sucata	Volume
Sucata 1	30.000
Sucata 2	24.988
Sucata 3	0
TOTAL	54.988
Gusa Líquido	Volume
Gusa 1	61.482
Gusa 2	60.000
TOTAL	121.482

Restrição	
V gusa / V tot	0,6884

Tabela 37: Modelamento - EOF.

<b>Processo EOF</b>	
Tmanut (dias)	40
Tope (dias)	325
Turnos	3
V (t/a)	150.000
Cvar (R\$/a)	124.508.758,12
Cfix (R\$/a)	33.122.000,00
V (MAX)	190.000
Impostos (R\$/a)	38.439.650,25
Ctot (R\$/a)	157.630.758,12
R (R\$/a)	299.999.833,12
Ciclo (min)	32,0

<b>Lucro (R\$/a)</b>	142.369.075,00
----------------------	----------------

<b>Enxofre</b>	<b>(%)</b>
Final	0,05

### 5.20.3. Modelamento da Operação de Processo FEA

Tabela 38: Dados de material para o cálculo do Modelamento FEA.

<b>Materiais</b>			
<b>Sucata</b>	<b>Preço (R\$/t)</b>	<b>Disponibilidade (t/ano)</b>	<b>Enxofre (%)</b>
Sucata 1	250,00	50.000	0,058
Sucata 2	400,00	100.000	0,056
Sucata 3	500,00	150.000	0,052
<b>Gusa</b>	<b>Preço (R\$/t)</b>	<b>Disponibilidade (t/ano)</b>	<b>Enxofre (%)</b>
Gusa 1	700,00	30.000	0,042
Gusa 2	650,00	20.000	0,046

Tabela 39: Dados para o cálculo do Modelamento FEA.

<b>Dados</b>	
Custo Fixo (R\$/a)	29.400.000,00
Custo Var. Total (R\$/t)	906,26
Custo Material(R\$/t)	615,33
Custo Variavel (R\$/t)	290,93
Preço de Venda (R\$/t)	2.000,00
Max Venda (t)	150.000
Forno (t)	30
Rendimento (%)	88,9%
Corridas por dia	18

Tabela 40: Modelamento dos Volumes - FEA.

Sucata	Volume
Sucata 1	13.758
Sucata 2	0
Sucata 3	104.971
TOTAL	118.729
Gusa 1	30.000
Gusa 2	20.000
TOTAL	50.000

Restrição	
V sucata / V tot	0,703667

Tabela 41: Modelamento - FEA.

Processo FEA	
Tmanut (dias)	40
Toper (dias)	325
Turnos	3
V (t/a)	150.000
Cvar (R\$/a)	139.013.201,65
Cfix (R\$/a)	29.400.000,00
V (MAX)	176.000,00
Impostos (R\$/a)	35.528.430,17
Ctot (R\$/a)	168.413.201,65
R (R\$/a)	299.999.980,05
Ciclo (min)	52,0
<b>Lucro (R\$/a)</b>	<b>131.586.778,40</b>

Enxofre	(%)
Final	0,05

## 5.21. Análise do Contrato de Compra e Ampliação

Nesta análise serão verificadas duas possibilidades de crescimento da produção, acompanhando a revisão do projeto e a ampliação das instalações da aciaria. Ver as planilhas: Ampliação.xlsx.

### 5.21.1. Primeiro Caso:

Com um investimento inicial de R\$ 80.000.000,00. E crescimento de 20% nos cinco primeiros anos de produção. O pagamento do investimento inicial é em 10 anos, e o pagamento das ampliações em 5 anos.

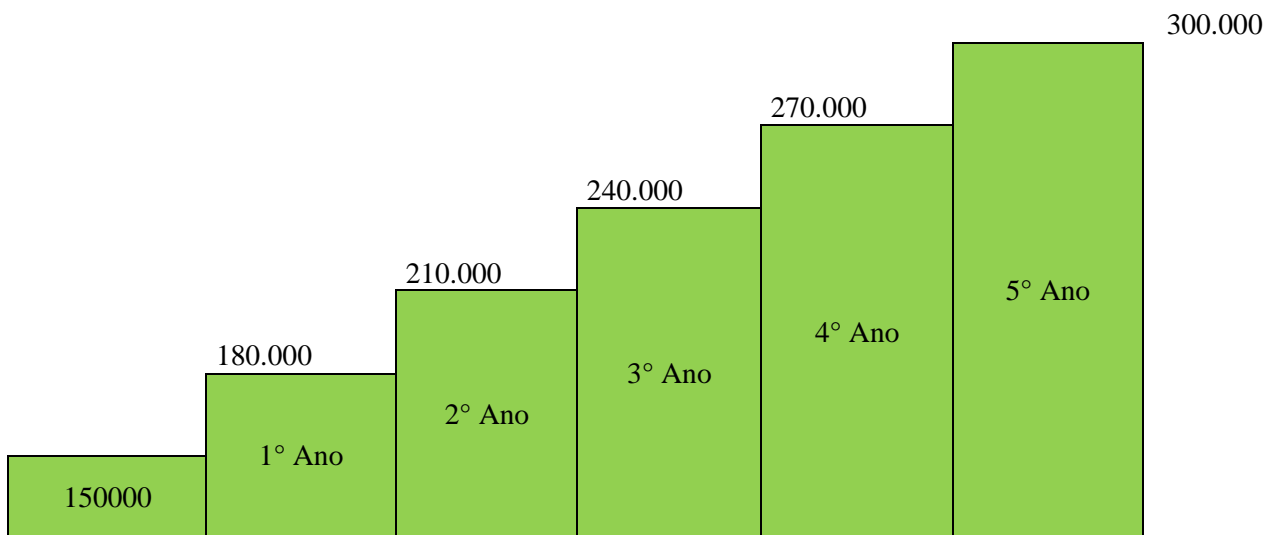


Figura 13 - Proposta de Ampliação da produção em 5 anos.

A tabela 42 apresenta as cinco ampliações consideradas em 10 anos, com a relação entre a receita (R) e o total de investimentos (T).

Tabela 42: Estudo de Ampliação da Aciaria - 1º Caso.

	Inv. Inicial (MM R\$ )	1ª Amplia (MM R\$ )	2ª Amplia (MM R\$ )	3ª Amplia (MM R\$ )	4ª Amplia (MM R\$ )	5ª Amplia (MM R\$ )	TOTAL (MM R\$ )	Produção (toneladas)	Receita (MM R\$ )	R / T (MM R\$ )
Ano 1	8,0						8,0	150000	300	37,5
Ano 2	8,8	3,2					12,0	180000	360	30,1
Ano 3	9,6	3,5	3,2				16,3	210000	420	25,8
Ano 4	9,0	3,8	3,5	3,2			19,5	240000	480	24,6
Ano 5	9,9	4,2	3,8	3,5	3,2		24,6	300000	600	24,4
Ano 6	10,8	4,6	4,2	3,8	3,5	3,2	30,1	300000	600	19,9
Ano 7	10,0		4,6	4,2	3,8	3,5	26,1	300000	600	23,0
Ano 8	11,0			4,6	4,2	3,8	23,6	300000	600	25,4
Ano 9	12,0				4,6	4,2	20,8	300000	600	28,9
Ano 10	11,0					4,6	15,6	300000	600	38,5

### 5.21.2. Segundo Caso:

Com um investimento inicial de R\$ 80.000.000,00. E crescimento de 33,3% nos três primeiros anos de produção. O pagamento do investimento inicial é em 10 anos, e o pagamento das ampliações em cinco anos.

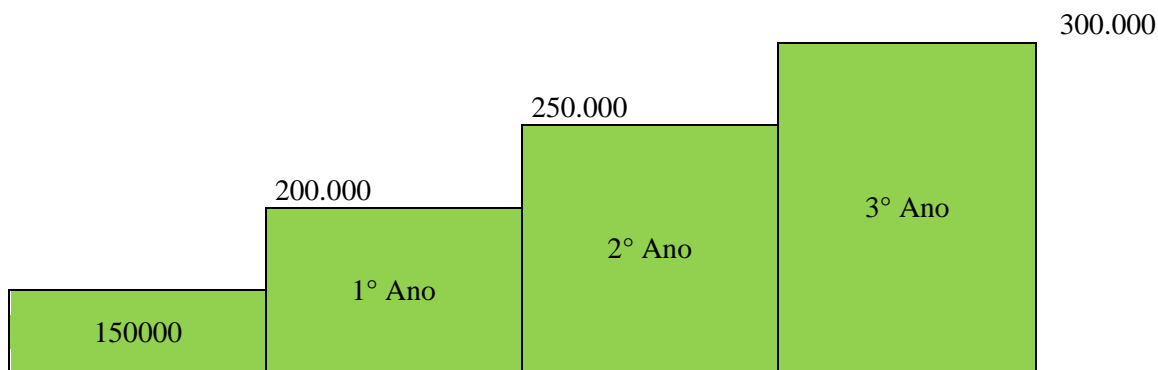


Figura 14 - Proposta de Ampliação da produção em 3 anos.

A tabela 42 apresenta as três ampliações consideradas em 10 anos, com a relação entre a receita (R) e o total de investimentos (T).

Tabela 43: Estudo de Ampliação da Aciaria - 2º Caso.

	Inv. Inicial (MM R\$)	1ª Amplia (MM R\$)	2ª Amplia (MM R\$)	3ª Amplia (MM R\$)	TOTAL (MM R\$)	Produção (toneladas)	Receita (MM R\$)	R / T (MM R\$)
Ano 1	8,0				8,0	150000	300	37,5
Ano 2	8,8	5,3			14,1	200000	400	28,4
Ano 3	9,6	5,8	5,3		20,7	250000	500	24,2
Ano 4	9,0	6,4	5,8	5,3	26,5	300000	600	22,7
Ano 5	9,9	7,0	6,4	5,8	29,0	300000	600	20,7
Ano 6	10,8	7,6	7,0	6,4	31,7	300000	600	18,9
Ano 7	10,0		7,6	7,0	24,6	300000	600	24,4
Ano 8	11,0			7,6	18,6	300000	600	32,3
Ano 9	12,0				12,0	300000	600	50,0
Ano 10	11,0				11,0	300000	600	54,5

### 5.22. Análise dos Set-Up's

São propostos três diferentes tipos de casos, para a análise dos *set-up's* de um refino primário. O primeiro caso é de 14 dias trabalhados por mês e com 4 *set-up's* por mês. O segundo caso é

de 26 dias trabalhados por mês, com 4 *set-up's* por mês. E o terceiro caso é de 28 dias trabalhados por mês, com um *set-up* por mês. Considerar o caso hipotético de uma produção de 150.000 toneladas de aço por ano, com um ciclo de produção de 50 min/corrida. Com o rendimento do Forno de 88%. É proposto um estudo comparativo entre os *set-up's*, sendo que:

### 5.22.1. Primeiro Caso:

30 dias por mês

14 dias trabalhados por mês (verde)

16 dias parados por mês  
(amarelo)

4 *set-up's* / mês

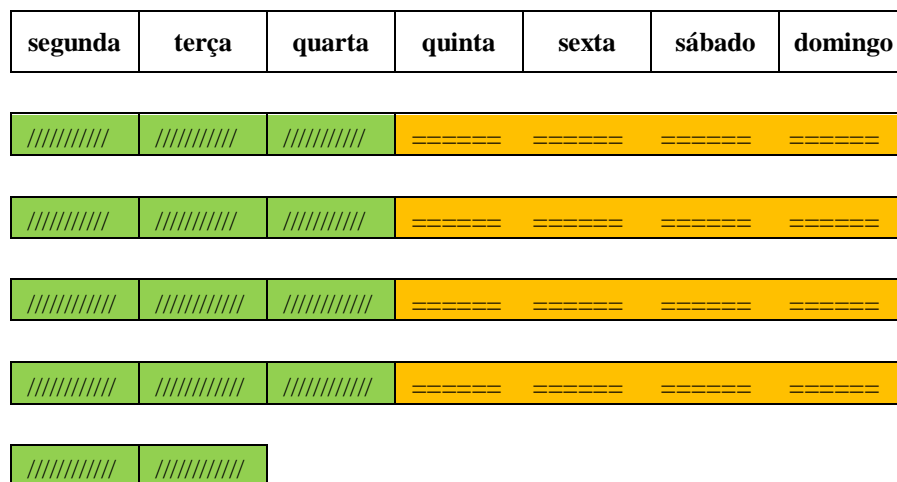


Figura 15 - Proposta 14 dias trabalhados e 4 *set-up's* por mês.

Por ano serão 168 dias trabalhados, com 1.012 toneladas por dia. Cada operário irá trabalhar 8 horas por dia, 24 horas por semana. Sendo que o restante da semana estes operários deverão trabalhar em outro setor. Para o ciclo de 50 minutos, serão 28 corridas por dia, com a capacidade de 36 toneladas do forno.

### 5.22.2. Segundo Caso:

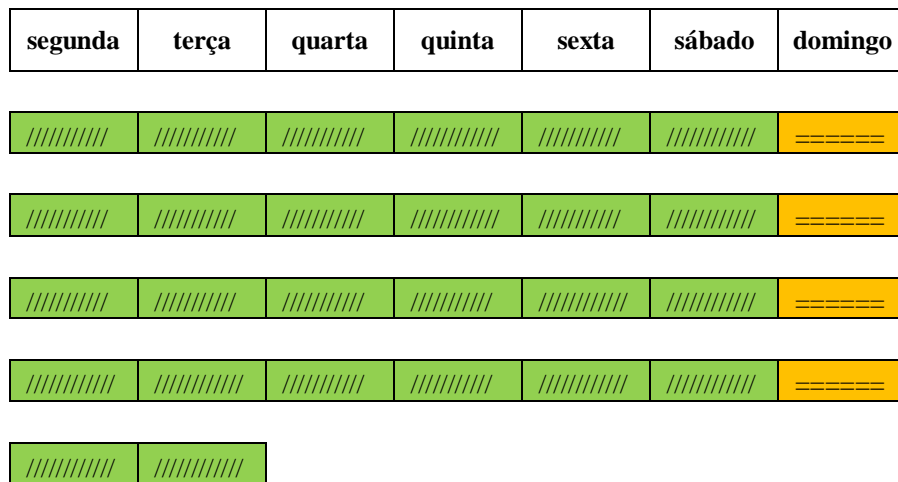


Figura 16 - Proposta de 26 dias trabalhados e 4 set-up's por mês.

30 dias por mês

26 dias trabalhados por mês

4 dias parados por mês

4 *set-up's* por mês

Por ano serão 312 dias trabalhados, com 545 toneladas por dia. Cada operário irá trabalhar 8 horas por dia, 48 horas por semana, com 4 horas extras por semana. Para o ciclo de 50 minutos, serão 28 corridas por dia. Portanto serão 3 turnos com a capacidade de 27 toneladas do forno. Em comparação com o caso anterior, tem-se a redução de custos por ser o forno menor.

### 5.22.3. Terceiro Caso:

30 dias por mês

28 dias trabalhados por mês  
(verde)

2 dias parados por  
mês (amarelo)

1 *set-up* por mês

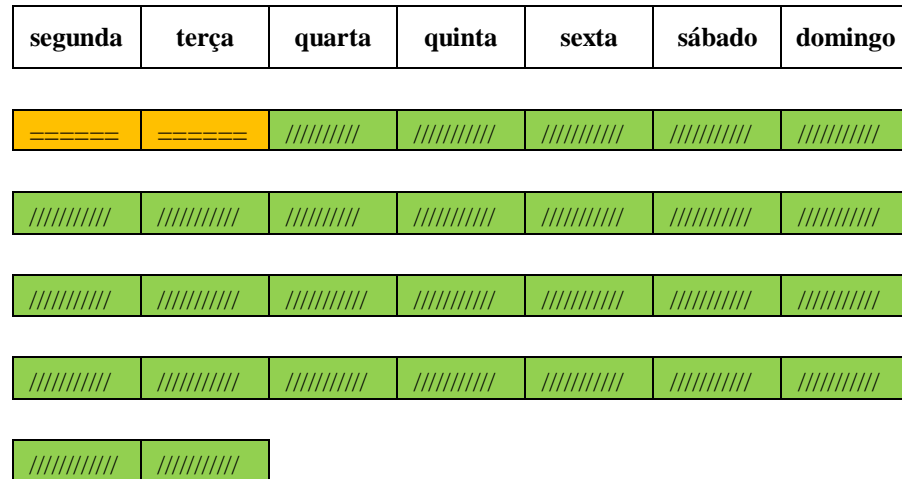


Figura 17 - Proposta de 28 dias trabalhados e um set-up por mês.

Por ano serão 336 dias trabalhados, com 506 toneladas por dia. Os operários irão trabalhar em regime de escala. Para o ciclo de 50 minutos, serão 28 corridas por dia. Portanto serão 3 turnos com a capacidade de 24 toneladas do forno. Em comparação com o caso anterior, tem-se a redução de custos por um forno menor e por fazer apenas um *set-up* por mês.

### 5.23. Análise Ambiental

Com relação à geração de poeiras, tem-se uma média de 20 kg/t, com origem principalmente na ferrugem das sucatas.

Para geração de escória tem-se uma média de 120 kg/t, e este tem um custo de recuperação de R\$ 350,00/t.

A geração média de carepa é de 9 kg por tonelada, com um preço de R\$ 800,00/t depois de briquetizada.

Com relação ao ruído, ficou demonstrado que para os três tipos de fornos, que os operadores deverão usar abafadores auditivos quando dentro do galpão (70 dB - 120 dB pico). E do lado de fora dos prédios o nível de ruído está bem parecido com o nível de uma conversação, não necessitando do uso dos abafadores.

Um futuro projeto das instalações do refino primário deverá especificar os devidos sistemas de despoeiramento e tratamento de gases.



## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise técnica mostrou que os três processos se aplicam em condições diferentes. O processo FI requer por uma carga formada apenas por sucata. O processo EOF requer uma carga mínima de 70% de gusa líquido. Já o forno de arco elétrico se mostrou o mais flexível, pois a carga de banho poderá ter uma maior variação da sua composição.

Com relação à análise econômica, vários estudos foram realizados para demonstrar a viabilidade de cada um dos processos. E os principais resultados encontrados são:

Para os cálculos de investimentos (CAPEX), o processo FI tem o menor valor, resultando em R\$ 79.358.000,00. O processo EOF, com relação ao menor investimento, tem um incremento de 56%. Da mesma forma, o processo FEA tem um adicional de 60%.

Com relação aos custos operacionais anuais (OPEX), o processo FI também tem o menor valor, de R\$ 139,1 MM. O processo EOF necessita de um incremento de 27%. E o processo FEA necessita de um adicional de 24%.

Portanto seria de se esperar que o processo FI tivesse o melhor lucro operacional, que é de R\$ 85,9 MM. Os demais processos ficaram comparativamente com as porcentagens de 56% para o processo EOF e 62% para o FEA.

A maior sensibilidade do lucro com relação ao volume de produção foi para o processo FI, com a marca de R\$ 736,25 para cada incremento de uma tonelada. Seguido pelo processo FEA com R\$ 556,84/t. E de R\$ 522,15/t para o processo EOF. Observar que o cálculo considerou como limite o volume máximo de produção para cada caso.

A análise de sensibilidade do lucro com relação ao preço do kWh apresentou um maior valor para o processo FEA, negativo de R\$ 100,42 MM/R\$/kWh. Seguido do processo FI, com negativo de R\$ 95,83 MM/R\$/kWh. E para o processo EOF, um valor bem menor de negativo de R\$ 15,00 MM/R\$/kWh. Isto já era esperado, pois o processo EOF tem baixo consumo de energia.

A análise de sensibilidade do lucro com relação ao preço do gusa apresentou um maior valor para o processo EOF, negativo de R\$ 0,136 MM/R\$/t. Seguido do processo FEA, com negativo de R\$ 0,05 MM/R\$/t. O processo FI não usa gusa na composição do banho.

A análise de sensibilidade do lucro com relação ao preço da sucata apresentou um maior valor para o processo FI, negativo de R\$ 0,16 MM/R\$/t. Seguido do processo EOF, com um

negativo de R\$ 0,04 MM/R\$/t. E para o processo FEA, um valor bem menor, negativo de R\$ 0,01 MM/R\$/t.

A análise de sensibilidade do lucro com relação ao preço do aço produzido apresentou o mesmo valor para os três processos, R\$ 0,15 MM/R\$/t. O que já era de se esperar.

A análise de sensibilidade do lucro com relação ao salário da mão de obra direta apresentou um menor valor para o processo FEA, negativo de R\$ 1.160,00/R\$/pessoa. Os processos FI e EOF, com o mesmo valor negativo de R\$ 1.160,00/R\$/pessoa.

Com relação ao custo marginal, o processo que apresentou o maior valor foi o processo EOF, com R\$ 933,00 por tonelada. Seguido do processo FEA com R\$ 800,00 por tonelada e do FI, com R\$ 667,00 por tonelada.

A análise de Pay-Back apresentou o menor tempo de retorno para o processo FI, com 16 meses. Seguido do processo FEA com 46 meses, e depois o processo EOF com 50 meses.

A análise de Make or Buy revelou que para os três processos, a vantagem está em produzir o aço, ao invés de comprá-lo. Esta vantagem é de R\$ 74,8 MM para o processo FI. De R\$ 44,8 MM para o processo EOF. E de R\$ 48,2 MM para o FEA.

Na matriz de avaliação, observamos que o forno EOF obteve 34,9% do total dos pontos, o forno FEA obteve 33,6% e o forno obteve FI 31,4%. Portanto podemos concluir que as pontuações são bastante próximas, com diferenças na casa dos 2%.

A análise TIR apresentou a melhor taxa de retorno para o processo FI, com 69,2%. Seguido do processo FEA com 38,1%, e do processo EOF com 39,2%.

Sobre o consumo de energia, o forno EOF não usa energia elétrica, pois ele é um reator exotérmico e, esta geração de calor já é suficiente para garantir a produção. O forno FEA tem um consumo médio de 670 kWh por tonelada. E o forno FI tem um consumo médio de 640 kWh por tonelada.

Com relação ao consumo de água, o forno FEA tem um consumo médio de 0,25 m<sup>3</sup>/t. O forno EOF tem um consumo médio de 0,51 m<sup>3</sup>/t. E o forno FI tem um consumo médio de 0,92 m<sup>3</sup> por tonelada.

Sobre os fornos à indução, vê-se que as empresas de grande porte como Teksid e Fundição Tupi são exceções no Brasil. A grande maioria dos fornos de fundições por indução no Brasil são de pequeno porte. O nosso país não tem tradição no projeto e fabricação de fornos de

grande tamanho. Os especialistas recomendam que os fornos FI tenham uma operação com dois fornos, trabalhando alternadamente, com um energizado e o outro na descarga e carregamento. E isto elevará o custo, a área de *lay-out* e as horas de manutenção.

Assim sendo, há mais uma preocupação quando da instalação de um processo de produção de aço com fornos com a capacidade de 25 toneladas, tanto do ponto de vista de ser uma novidade em nosso país, quanto do ponto de vista de acidentes. Um forno a indução é basicamente uma bobina elétrica resfriada por água, circundando uma massa fundida. O isolamento é feito por uma camada de refratário, mas que está por sofrer ataques em todos os momentos. E grande volume de massa fundida com a possibilidade de vazamentos de água, deverá ser considerado como um alto risco, que poderá causar graves tipos de acidentes.

Um forno à indução de grande tamanho deverá ter também a preocupação com os efeitos da radiação eletromagnética sobre o corpo humano.

A produção de aço na Índia por fornos à indução ocorre com a matéria prima ferro esponja, que não temos disponível em grandes quantidades no Brasil. Em nosso país teríamos de produzir através de uma sucata de boa qualidade, de maior custo para a seleção no pátio de sucatas.

A baixa flexibilidade do processo FI traz outra preocupação, pois a concorrência também estará buscando pela mesma sucata. E caso venha haver uma forte disputa pelo suprimento desta matéria prima, o preço tenderá a subir, podendo ocorrer uma redução do volume de produção. E caso isto venha a ocorrer, todo o trabalho de implantação da nova aciaria estará perdido, e um recomeço será custoso e demorado.

Assim sendo, a decisão pelo melhor processo para um refino primário passa também por uma análise estratégica. E neste aspecto tem-se de considerar a baixa flexibilidade do forno FI com relação à carga do banho. Pois o forno FI trabalha apenas com a carga de 100% de sucata. E na condição deste trabalho, onde se busca por um refino primário para uma pequena produção, onde muitas vezes são empresas familiares, faz-se necessário avaliar que no futuro

poderá haver a variação no preço da sucata, ou até mesmo a escassez de suprimento. Assim sendo a solução FI não poderá ser considerada uma solução para este cenário. O processo FEA nos dias atuais encontra o preço da sucata sendo 40% do preço do ferro gusa. E para analisar a condição ainda mais crítica, foi feito um estratagema de considerar uma composição da carga do banho com 75% de sucata e 25% de ferro gusa. E mesmo assim, após a realização de todas as análises e, verificada a matriz com os aspectos comparativos, concluiu-se que a solução FEA é superior para as condições, que foram premissas deste trabalho.

## **7. CONCLUSÃO**

Assim como exposto nos capítulos anteriores, o objetivo geral deste trabalho foi realizado através dos estudos de viabilidade técnica e econômica para o refino primário para a produção de produção anual de 150.000 toneladas, do aço ASTM A36, comparando os processos com os equipamentos Forno a Arco Elétrico, Forno de Indução e Forno de Energia Otimizada.

Para a comparação entre estes processos, foi analisado o consumo de energia, com o forno EOF não consumindo energia, e o forno FEA com o maior consumo por tonelada. Com relação ao consumo de água, o forno FEA apresenta o menor consumo por tonelada de aço. Sobre os impactos ambientais, foram analisados a geração e o tratamento de poeiras, escórias e de carepas. Com relação ao ruído, ficou demonstrado que do lado de fora dos prédios o nível de ruído está bem parecido com o nível de uma conversação, não necessitando do uso dos abafadores. A análise do capital de investimento (CAPEX) mostrou que o processo FI tem o menor investimento e o processo FEA tem o maior. As despesas operacionais (OPEX) apresentaram o menor valor para o forno FI e o maior para o EOF. Portanto seria de se esperar que o processo FI tivesse o melhor lucro operacional, e o processo EOF ficou com o menor resultado de lucro, dentro das premissas que foram adotadas neste trabalho.

Diversas outras análises comparativas e estratégicas foram realizadas, chegando a conclusão da escolha pelo processo FEA.

## 8.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em 20 mar. 2016.
- ANDRADE, M.L.A., CUNHA, L.M.S., GANDRA, G.T. A ascensão das *mini-mills* no cenário siderúrgico mundial. *Gerência de Mineração e Metalurgia do BNDES*. 2000, p. 51-76.
- ARAUJO, L. A. *Manual de Siderurgia*. Vol. 1. Arte & Cultura: São Paulo, 1997.
- ASSIS, P. S., DEO, B. , MAZUMDAR, D. , CHAKRABORTI, N. *Modelling And Simulation On Iron And Steelmaking*. Ouro Preto: REM, 1998.
- ASSIS, P. S. *Produção de Aço de Elevada Pureza no Japão -Tecnologia e Operação*. São Paulo: ABM, 1997.
- ASTM - Disponível em: <<http://www.astm.org>>. Acesso em 20 mar. 2016.
- BAJAY, S.V. *Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico (2025): Eficiência Energética na Siderurgia*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009 (Nota Técnica).
- BETZIOS, A. Fornos a Arco Elétrico. ABM, São Paulo, 1987. In: CARVALHO, E. B.; CENCIG, M. O.; CORREIA, P. B. Otimização da operação de fornos elétricos a arco. Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1998.
- BRESCIA, J.L. *Metodologia para solução do problema de abastecimento do carvão mineral para siderurgia*.1987. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1987.
- BRESCIA, J.L., CHAGAS, T. *Estatística Aplicada à Administração*. Ouro Preto: Ed. UFOP. 2008.
- BRESCIA, J.L. *Matemática Aplicada à Administração*. Ed. UFOP, 2008. v. 1000. 147p.
- ÇAMDALI, U., TUNÇ, M., KARAKAŞ, A. Second law analysis of thermodynamics in the electric arc furnace at a steel producing company. *Energy Conversion and Management*. Vol. 44, Issue 6, April 2003, Pages 961–973.
- CARVALHO, E. B.; CENCIG, M. O.; CORREIA, P. B. *Otimização da operação de fornos elétricos a arco*. 1998. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1998.
- CASSOTIS, E. M., ASSIS, P. S. *Modelling And Techno-Economic Optimization of Industrial Processes*. *Cassotis Consulting - REDEMAT*. 2016.
- DUNCAN, George, R. *Electric Furnace Steelmaking*, *Iron and Steel Society*. Inc. Book Crafters, Inc., Chelsea, MI, USA 1985, pp 161-166.
- DUNCAN, W. R. *A guide to the project management body of knowledge*. PMI Publishing Division, North Carolina, USA, 1996.
- EDLER, J., RUHLAND, S., HAFNER, S., RIGBY, J., GEORGHIOU, L., HOMMEN, L., ROLFSTAM, M., EDQUIST, C., TSIPOURI, L., PAPADAKOU, M. *Innovation and Public Procurement*. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. Germany. 2005
- ELIZAROV, V.A., ELIZAROV, K.A. Investigation of the Electrode Movement Mechanism for an Electric Arc Furnace with an Uncontrolled Induction Motor. *Russian Electrical Engineering*, Vol. 85, No. 4, pp. 232–237. 2014.
- FIGUEIRA, R. M. *Aciaria Elétrica*. EMT 053 - Processos Metalúrgicos. 2009.
- FRANÇA, R. C., ASSIS, P.S., DESTRO, E. *Otimização da mistura de sucatas e outras matérias-primas para composição da carga de forno elétrico a arco*. Monografia de Graduação. UFOP. 2011.
- FRÖHLING, C., HEMMLING, P., KEMPKEN, J. How to make the plants of today comply with the requirements of tomorrow. SMS Siemag AG. Energy and Environmental Technology Department. Düsseldorf. Germany. 2005.
- GANDHEWAR, V.R., BANSOD, S.V., BORADE, A.B. Induction Furnace - A Review. *International Journal of Engineering and Technology* Vol.3 (4), 2011, 277-284.
- GEBHARDT, W.R., LEE, C.M. *Toward an Implied Cost of Capital* SWAMINATHAN. 1999.

- GUDENAU, H.W., WEBER, R., GRANDIN, F.H. Taxa de pós-combustão e recuperação de calor sob diversas condições operacionais no processo EOF/ Nachverbrennungsgrad und Waermerueckuebertragung unter verschiedenen Betriebsbedingungen beim EOF-Verfahren. *Stahl und Eisen*, V.111, N.6, Juni 1991, p.61-5.
- HASANBEIGI, A., PRICE, L., ARENS, M., *Emerging Energy-efficiency and Carbon Dioxide Emissions-reduction Technologies for the Iron and Steel Industry*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. 2014.
- INDUCTOTHERM - Disponível em: <<http://www.inductotherm.com> >. Acesso em 20 mar. 2016.
- ISO - Disponível em: <<http://www.iso.org> >. Acesso em 20 mar. 2016.
- LAMBERTERIE, B. Steel Production - Energy Efficiency Working Group . ESTEP - EUROFER WG Energy Efficiency. 2014.
- LAURÍA, L.C. Decisões de custos em épocas de crise: aspectos relevantes em orçamentos de investimentos. Comunicação. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. 2013. Disponível em: <<http://www.occ.pt/news/PENCUSTOS/pdf/052.pdf>>. Acesso em 20 mar. 2016.
- LIMAYEM, F., YANNOU, B. *La Methode Spec: une modélisation détaillée du Cahier des Charges Fonctionnel pour un suivi de projet et une maîtrise des risques*. École Centrale Paris, Chatenay-Malabry, France.2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/2559105\\_La\\_Methode\\_Spec\\_une\\_modelisation\\_detaillee\\_du\\_Cahier\\_des\\_Charges\\_Fonctionnel\\_pour\\_un\\_suivi\\_de\\_projet\\_et\\_une\\_maitrise\\_des\\_risques](https://www.researchgate.net/publication/2559105_La_Methode_Spec_une_modelisation_detaillee_du_Cahier_des_Charges_Fonctionnel_pour_un_suivi_de_projet_et_une_maitrise_des_risques)>. Acesso em 10 jun. 2016.
- MALFA, E. Electric Arc Furnace (EAF) - New R&D areas for energy savings. CSM. ESTEP - EUROFER WG Energy Efficiency. 2014.
- NASCIMENTO, L.M. *Comparações de Rotas Siderúrgicas*. REDEMAT. Ouro Preto. 2016.
- NOLDIN, J. H., Papel de novas tecnologias. 8º ENEMET. 2008.
- OLSOMMER, B., FAVRAT, D., SPAKOVSKY, M.R. An Approach for the Time-Dependent Thermo-economic Modeling and Optimization of Energy System Synthesis, Design and Operation. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Switzerland. 2010.
- PAIS, R. W. D., SABIONI, A. C. S. *Estudo de Viabilidade de utilização da Lama de Aciaria*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). REDEMAT. 2010.
- PAUL WURTH - Disponível em: <<http://www.paulwurth.com> >. Acesso em 20 mar. 2016.
- PFEIFER, H.C., Scherer S.W.G. EOF - ENERGY OPTIMIZING FURNACE MINITEC, Divinópolis, Brasil . 2009.
- PFEIFER, H.C., SCHERER, S.W.G., BECHELAINE, J.D., LEITE, C. O processo EOF na Gerda de Divinópolis: 25 anos de operação e 10 milhões de toneladas de aço produzidas. *XXXVIII Seminário de Aciaria - Internacional da ABM*. Belo Horizonte. 2007.
- PMI - Disponível em: <<http://www.pmi.org> >. Acesso em 20 mar. 2016.
- RIZZO, E. M. S. *Introdução aos processos de preparação de matérias-primas para o refino de aço*. São Paulo: Ed. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005.
- ROLLINGER, B. - The EOF: Cost Efficiency of a New Metallurgical Process. *Steel Survival Strategies IV*. New York City. June 27, 1989.
- SANDBERG, E. Energy and scrap optimisation of electric arc furnaces by statistical analysis of process data. Lulea University of Technology. 2005.
- SENAI - Disponível em: <<http://www.senai.org.br> >. Acesso em 20 mar. 2016.
- SILVA, A.L.V.C. Elaboração em Forno a Arco Elétrico. ABM-FEI. 1998.
- SILVA, A.P. Mecanização do sistema de produção. Itaúna, Perfil, 2004.
- SILVEIRA, R.C & ALMEIDA, A.M.M. Projeto e operação dos fornos elétricos de redução. São Paulo: editora Associação Brasileira de Metais, 1987.
- SMS - Disponível em: <<http://www.sms-group.com> >. Acesso em 20 mar. 2016.

TENOVA - Disponível em: <<http://www.tenova.com> >. Acesso em 20 mar. 2016.

THOLLANDER, P., MARDAN, N., KARLSSON, M. Optimization as investment decision support in a Swedish medium-sized iron foundry – a move beyond traditional energy auditing . Department of Management and Engineering, Division of Energy Systems, Linköping University, Sweden. 2009.

TSUYAMA, S. FEASIBILITY Study for developing future JCM project applying effective Japanese excellent energy saving technologies to Vietnam Steel Industry. JFE Techno-Research Corporation. 2015.

WEBER, R., NOSÉ, D. - A produção de aço com emprego otimizado de energia e matérias-primas no Processo EOF. ILAFA 1992.

WEBER, R., NOSÉ, D., MORSOLLETTA, L. Latest achievements with the EOF process. ATS Association Technique de la Siderurgie Française. December 1993.

WORD STEEL - Disponível em: <<http://www.wordsteel.org> >. Acesso em 20 mar. 2016.

## 8.2. BIBLIOGRAFIA ADICIONAL

- CARVALHO, L. J. L. Otimização de misturas de minérios para composição de carga na produção de ferro ligas: O caso da Companhia Paulista de Ferro Ligas. UFOP, 2003.
- CASCAES, E.E. Estudo de Viabilidade para Implantação de uma Fundição de Ferro Fundido e Aço. *Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC*. 2013.
- CHIAVERINI, V. *Aços e ferros Fundidos*. São Paulo: Ed. ABM. 2008.
- DRUMOND, M.F.B., FALCONI, V. *Método para hierarquização das variáveis de operação do conversor LD*. 1985. 321 p. Dissertação (Mestrado Metalúrgica, Materiais e de Minas). UFMG. 1985.
- FALCONI, V. et al. Tecnologia de Fabricação do aço líquido. UFMG. Belo Horizonte. Vol. 5. 1980.
- FARLA, J.C.M., E. WORRELL, L. HEIN, K. Actual Implementation of Energy Conservation Measures in the Manufacturing Industry. 1998.
- LUXÁN, M.P., SOTOLONGO,R., Dorrego, F., Herrero, E. Characteristics of the slags produced in the fusion of scrap steel by electric arc furnace. *Cement and Concrete Research*, Vol. 30, Issue 4, April 2000, Pages 517–519.
- MACHADO, J.G.M.S., BREHM, F.A., MORAES, C.A.M., SANTOS, C.A., VILELA, A.C.F., Cunha, J.B.M. Chemical, physical, structural and morphological characterization of the electric arc furnace dust. *Journal of Hazardous Materials*, p. 953–960. Porto Alegre, Brasil. 2005.
- MALYNOWSKYJ, A. *Fabricação de aço líquido em conversor a oxigênio*. Metalurgia extrativa. Vol. 1. São Paulo: Editora da ABM. 2008.
- MOURÃO, M. B. et al. Introdução à Siderurgia.V. 1. São Paulo: Ed. Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM), 2011.
- PAIS, R. W. D., SABIONI, A. C. S. *Estudo de Viabilidade de utilização da Lama de Aciaria*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). REDEMAT. 2010.
- PELLEGRINO, C., CAVAGNIS, P., FALESCHINI, F., BRUNELLI, K. Properties of concretes with Black/Oxidizing Electric Arc Furnace slag aggregate. Dept. of Environmental and Architectural Engineering, University of Padova, Italy. 2008.
- PFEIFER, H.C., MORSOLETTO, L., SCHERER, S.W.G., ROLLINGER, B., LAKSHMANAN, V.K., WEBER, R. (in memoriam) The EOF Process: 16 Years of Successful Operation - 2<sup>nd</sup> ILAFA CATEC Seminar on Technological Development on Melting Shop and Continuous Casting. Santiago. 1998.
- REMUS, R., AGUADO-MONSONET, M.A., ROUDIER, S., SANCHO, L.D. Iron and Steel Production - Best Available Techniques Reference Document for Iron and Steel Production. Institute for Prospective Technological Studies. Luxembourg. 2013.
- SCHLIEPHAKE, H. “Heat Recovery for the EAF of Georgsmarienhütte, Germany”, AISTech 2010 Proceeding, V I.
- SHNEIDERMAN, B., MAYER, R., MCKAY, D., HELLER, P. Experimental Investigations of the Utility of Detailed Flowcharts in Programming. Indiana University, EUA. 2009.
- SOFILIC, T., RASTOVČAN-MIOČ, A., CERJAN-STEFANOVIĆ, S., NOVOSEL-RADOVIĆ, V., JENKO, M. Characterization of steel mill electric-arc furnace dust. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 109, Issues 1–3, Pages 59–70, , 2004.
- SOUZA, N. J., FALCONI, V. *Engenharia de processo para determinação dos parâmetros básicos de aciarias*. Dissertação de Mestrado. UFMG. 1981.
- ZULIANI, D.J., SCIPOLLO, V., BORN, C. 2010. *Opportunities for increasing productivity, lowering operating costs and reducing greenhouse gas emissions in EAF and BOF steelmaking*. Millennium Steel India 2010.



## 9. ANEXOS

### 9.1. Questionário

Antecipando às visitas que foram feitas às empresas Minitec, Gerdau Divinópolis, Gerdau Cearense e Saint Gobain; fizemos um questionário preliminar, que visava esclarecer os aspectos do projeto e operação de uma nova aciaria, como segue:

1. Qual a solução para o processo desta aciaria?
2. Qual o número de corridas por dia?
3. Como seria um *Lay-Out* ideal para esta aciaria?
4. E quais as áreas (m<sup>2</sup>) das principais instalações
5. Quais seriam as especificações e os preços dos novos Equipamentos?
6. Como seria o sistema de transporte ideal para o ferro gusa até esta nova aciaria?
7. O projeto deverá considerar qual porcentagem a mais que as 150.000 t/ano, como segurança sobre imprevistos?
8. Qual o pulmão de gusa antes da Aciaria?
9. Qual o Fluxo do Processo?
10. Quais os Sistemas de Automação necessários neste processo?
11. Como seria o Sistema de Regeneração de Energia ?
12. Como seria o Sistema em Cogeração de Energia ?
13. Como seriam as Instalações e a Iluminação desta aciaria?
14. Como seria o Planejamento da Produção?
15. Como seria o Planejamento das Compras?
16. Como seria o Programa de Manutenção?
17. Qual a especificação e quantas corridas duram os refratários?
18. Como é feita a troca dos refratários?
19. Como seria o Sistema de Controle do Processo?
20. Como seria o Sistema de Controle de Produto?
21. Como seria o Sistema de Início de uma Campanha?
22. Quais seriam os Indicadores de Produtividade e Eficácia?
23. Quais seriam os Riscos para a Produção?
24. Quais seriam os Riscos à Segurança Ocupacional?
25. Como seria o Programa de Melhoria Contínua?

26. Qual a composição da carga do banho?
27. Qual a geração de calor pela reação, dentro do forno?
28. Qual o consumo de energia elétrica por corrida?
29. Como seria o pré-aquecimento da sucata?
30. Como seria o sistema de refrigeração?
31. Qual a duração dos eletrodos em número de corridas?
32. Qual a duração dos refratários em número de corridas?
33. Qual a duração do compressor em número de corridas?
34. Qual a duração dos cilindros em número de corridas?
35. Qual a duração da unidade hidráulica em número de corridas?
36. Qual a proporção de Ferro nas escórias?
37. Qual a composição dos gastos com manutenção?
38. Qual o CAPEX para uma Produção de 200.000 t/ano?
39. Qual o OPEX para uma Produção de 200.000 t/ano?
40. Quais os Impactos Ambiental e Social previstos?
41. Qual a porcentagem de desfosfatização?
42. Qual a porcentagem de desulfurização?
43. Qual o nível de ruído e o isolamento previsto?
44. Como deveria ser feito o carregamento para amenizar as agressões ao refratário?
45. Qual o custo do gusa líquido?
46. Qual o preço da tonelada de sucata de carga metálica ?
47. Qual o preço da tonelada de gusa sólido ?
48. Qual o preço do m<sup>3</sup> de O<sup>2</sup> sob pressão ?
49. Como são feitos os controles de acerto de composição ?
50. Como são feitos os controles de temperatura ?
51. Como é garantida a temperatura do gusa líquido no momento do carregamento no forno?
52. Com são feitos os controles de teores de carbono, silício, fósforo, manganês, enxofre e nitrogênio ?
53. Qual a especificação e o preço da Unidade que produz o oxigênio ?
54. Qual a especificação e o preço da Estação de tratamento de água (ETA) ?
55. Qual a especificação e o preço da Unidade de ar comprimido ?
56. Qual a especificação e o preço do Sistema de Adição de Fundentes ?

57. Qual a especificação e o preço do Sistema de Adição de Sucata ?
58. Qual a especificação e o preço do Sistema de Adição de Gusa Sólido ?
59. Qual a especificação e o preço do Sistema de Injeção de O<sup>2</sup> ?
60. Qual a especificação e o preço do Sistema de exaustão dos fumos e despoeiramento ?
61. Qual a especificação e o preço do Sistema de lavagem e limpeza de gases?
62. Qual a especificação e o preço da lança de oxigênio ?
63. Quais os tempos das operações de processo?
64. Quais os custos com os estudos de necessidades ?
65. Quais os preços com os Projetos de *Lay-Out*, Edificações, Equipamentos e Instalações?
66. Qual o preço do Terreno ?
67. Qual o preço da Área Construída ?
68. Qual o preço do Estacionamento de Automóveis ?
69. Qual o preço do Estacionamento de Caminhões ?
70. Quais os custos das pontes rolantes?
71. Quais os preços com as portarias ?
72. Sendo que a empresa já tem uma unidade de laminação, qual seria o incremento em mão de obra e o custo com o incremento em instalações, para os setores:
  - Escritório da Segurança do Trabalho?
  - Sistema de Combate a Incêndios ?
  - Refeitório ?
  - Vestiários ?
  - Banheiros ?
  - Enfermaria ?
  - Estoque de Matérias Primas ?
  - Estoques de Sobressalentes ?
  - Estoques de Consumíveis ?
  - Inspeção de Recebimento ?
  - Inspeção de Produto Acabado ?
  - Estoque de Produto Acabado ?
  - Estoques Intermediários de Processo ?
  - Sistema de Tratamento de Rejeitos ?

- Sistema de Águas Pluviais ?
- Subestação Elétrica?
- Sistema de Para Raios ?
- Setor de Utilidades (Ar Comprimido, refrigeração ...) ?
- Instalações e Sala de Informática e Telefonia ?
- Escritório da Engenharia ?
- Escritório do RH ?
- Sala de Treinamentos ?
- Escritório da Qualidade ?
- Laboratórios ?
- Escritório da Manutenção ?
- Oficina da Manutenção ?
- Escritório das Compras ?
- Escritório da Gerência ?
- Escritório do Financeiro ?
- Salas dos Terceirizados ?
- Escritório do Controle Ambiental ?
- Sala de Convívio Social ?



Figura 18 - Sistema de Despoeiramento.  
Fonte: TENOVA

## **9.2. Visitas às Empresas**

As visitas foram às empresas: Minitec, Gerdau Divinópolis, Gerdau Cearense e Saint Gobain, de Itaúna.

### **9.2.1. Visita à MINITEC**

Visita à Minitec em 31 de março de 2016, pela manhã.

Participaram desta visita os Professores Paulo Assis e Jorge Brescia; Leandro Miranda e Sinesio Salles.

Fomos recebidos pelos engenheiros da MINITEC, os senhores Henrique Pfeifer e Fabrício Frois.

Principais itens do forno EOF:

- Forno
- Prédio do EOF
- Ponte rolante
- Soleira
- Sistema de vazamento
- Pré aquecedor de sucata
- Garfos,
- Sistema de limpeza de gases
- Chaminé
- Equipamento para sucata
- Ponte com eletroímã
- Sistema de pesagem
- Refratários
- Sistema de adição de ligas
- Silos
- Sistema hidráulico
- Dispositivo de basculamento
- Sistema de refrigeração
- Torre de resfriamento
- Sistema de manuseio do aço líquido
- Sistema de fluídos O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>
- Caçambas de escória

Carro para panela de aço  
Controle e instrumentação  
Panela de gusa

A reação  $[CO \Rightarrow CO_2]$  gera 2.200 kcal/kg. São disponibilizadas duas soleiras, em carros soleiras, permitindo efetuar a troca de soleira em 8 horas. A redução do nível de fósforo no aço é de 0,01%. Produção de 340 dias/ano.

O sistema de vedação deverá ser trocado a cada 1.200 corridas. A durabilidade dos cilindros pneumáticos é de 5 anos, e a durabilidade do compressor é de 20 anos. São feitos testes hidrostáticos a cada 6.000 corridas

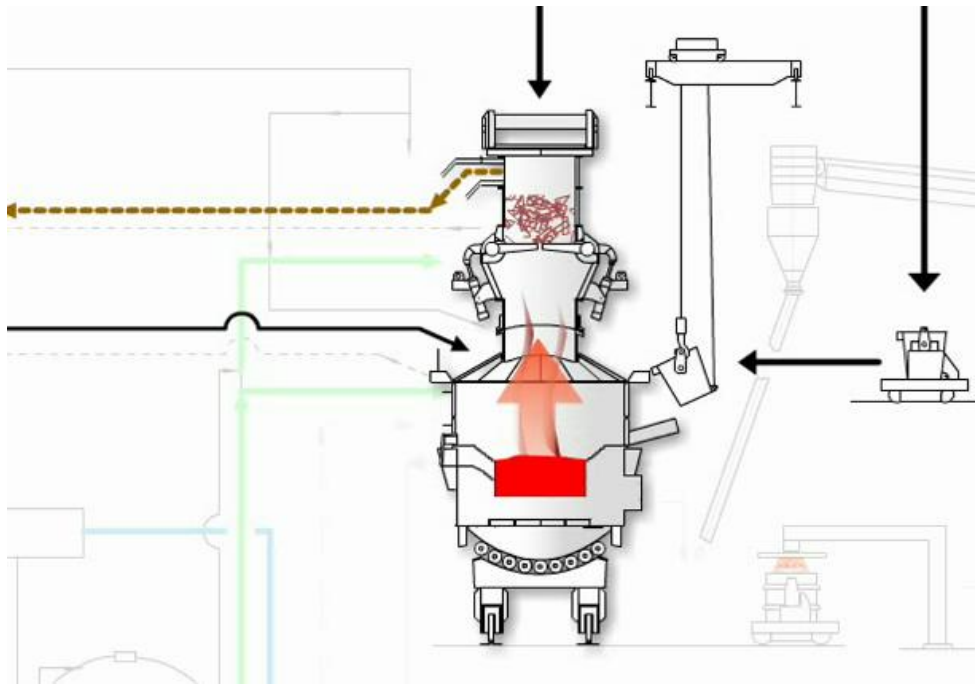


Figura 19 - Diagrama de Carregaento do Forno EOF.  
Fonte: Pfeifer, 2009

## 9.2.2. Visita à Gerdau Divinópolis

Fizemos a visita a Gerdau Divinópolis em 31 de março de 2016, na parte da tarde.

Participaram desta visita os Professores Paulo Assis e Jorge Brescia; Leandro Miranda e Sinesio Salles.

Fomos recebidos pelos engenheiros da GERDAU, os senhores Mauro Castro, David Vieira e Claudio Leite.

O atual forno EOF iniciou suas operações em 1988. Esta unidade opera com a seguinte rota: 3 mini altos-fornos a carvão vegetal; aciaria com forno EOF; forno panela; lingotamento contínuo de tarugos e laminação de longos.

Este forno EOF tem capacidade de produção de 43 toneladas.

São feitas 41 corridas por dia.

O processo tem um *tap-to-tap* de 30 minutos.

Carga de 70% gusa líquido; 4,8% gusa sólido e sucata de gusa sólido e 25,2% de sucata metálica.

O consumo do refratário, para revestimento novo é de 1 a 2 kg/t. A troca dos refratários é feita com 1.200 corridas. Esta troca dos refratários demora um tempo total de 10 horas.

A troca dos garfos é realizada com 6.000 corridas.

O consumo de oxigênio é de 50 a 70 Nm<sup>3</sup> por tonelada de aço.

A vazão no sistema de resfriamento é de 1.500 m<sup>3</sup>/h. A evaporação é de 3%, ou seja, 45 m<sup>3</sup> por hora. E se faz necessário um sistema de filtragem para garantir nível de impurezas da água. São necessários testes hidrostáticos a cada 6.000 corridas.



Figura 20 - Sistema de Resfriamento de Água.  
Fonte: TENOVA

A temperatura da sucata chega a 800°C.

Os gases estão na temperatura de 1.600°C, na saída do forno.

Para os custos com as manutenções, considerar um valor de 3% do investimento a cada ano.

A durabilidade dos cilindros é de 5 anos, e para o compressor, considerar 20 anos. O sistema de vedação vai até a 1.300°C e, a sua troca é a cada 1.200 corridas.

### 9.2.3. Visita à Gerdau Cearense

Visita à Gerdau Cearense em 20 de abril de 2016.

Participaram desta visita, o Professor Paulo Assis, Leandro Miranda e Sinesio Salles.

Fomos recebidos pelos engenheiros da GERDAU, os senhores Helilton, Marcos Alberto e Tiago.

A Gerdau Cearense foi fundada em 11 de novembro 1976. Em 1982, tinha uma capacidade instalada de 60 mil toneladas e em 1997, foi desenvolvido um projeto de duplicação da capacidade.



Figura 21 - Sala de Comando.  
Fonte: TENOVA

Estivemos na sala de comando da aciaria, na sala de comando do forno panela, no lingotamento de tarugos, na área de troca de refratários, no pátio de sucata e na prensa da sucata.

O aço atualmente produzido nesta aciaria é o SAE 1017, com [0,15 a 0,19]% de carbono.

O forno FEA tem capacidade de produção de 30 t, mas opera atualmente com 22 t. Pois a ponte rolante atual não permite um maior volume. O processo trabalha entre [22h as 17h] - 19h por dia, por 30 dias ao mês. Os dois cestões de alimentação do forno, usados atualmente, são de 14 t e 11t. A temperatura de saída do FEA é de 1.620°C.

Em condições normais, sem imprevistos, são feitas 16 corridas por dia.

O processo tem um *tap-to-tap* de 52 minutos.

O banho é constituído 100% por sucata, acrescidos dos compostos fundentes.

A rampa de aquecimento no FEA é de 30°C por minuto. E recentemente houve um aumento da potência no FEA de 540 para 570 kWh/t.

A sub estação elétrica da usina é de 30 MW, com 17 MW para a aciaria, 13 MW para o forno panela, e 7 MW na laminação.



O consumo de eletrodos no FEA é de 2,19 kg/t. E o consumo de eletrodos no forno panela é de 0,90 kg/t.



Figura 22 - Forno FEA.  
Fonte: TENOVA

O fornecimento de oxigênio é feito por uma instalação de 450 m<sup>2</sup> da White Martins. Com vazão máxima de O<sub>2</sub> de 800 Nm<sup>3</sup>/h.

O consumo de água para o forno é de 2600 m<sup>3</sup> por mês. A água é comprada da empresa KGS.

O consumo de água para toda a usina é de 10.000 m<sup>3</sup> por mês.



Figura 23 - Sistema de Resfriamento de Água.  
Fonte: SMS

A geração de escoria no FEA é de 1135 t/mês. A geração de escoria no forno panela é de 135 t/mês. A escória é vendida a R\$ 10,00 por tonelada.

A geração de pó é de 150 t/mês.

A geração de carepa é de 90 toneladas por mês.

O sistema de despoejamento foi projetado e montado pela empresa STG Group do Brasil Equipamentos Industriais Ltda. O pó captado é recolhido por empresa especializada e vai para aterro controlado. O sistema de filtragem consome 35 kWh por tonelada, e o filtro de mangas tem troca a cada um ano.



Figura 24 - Sistema de Silos.  
Fonte: SMS

Na nossa visita, pudemos observar que bem próximo do forno, o ruído já era mínimo, e sem sinais de poeira e gases. O que denota o bom funcionamento dos sistemas de filtragem e de revestimento acústico.

A temperatura de entrada no lingotamento é de 1.540°C. A rampa de aquecimento no forno panela é de 3°C por minuto. Com o aumento da potência no FEA, foi possível reduzir a potência do forno panela de 32 para 14 kWh/t. O refratário do forno panela era trocado a cada 210 corridas. Mas com o aumento da potência no FEA, a troca dos refratários do Forno Panela passou para 180 corridas. A lança de O<sub>2</sub> no forno panela é descentralizada, o que acarreta um maior desgaste do refratário próximo da lança.

O pátio de sucata tem um volume mínimo de 10.000 toneladas. Uma tesoura hidráulica produz 40 t/dia, sendo que para a sucata graúda, a produção é de 3 t/hora. Para o uso do oxicorte são disponibilizados 2 homens, para uma produção de 20 t/dia. Uma prensa da sucata

da marca BIRIM, fabricada na Turquia, tem uma produção de 200 t/dia. E a densidade obtida na prensa é de 0,6 t/m<sup>3</sup>.

A radiação ionizante na sucata é medida por um cintilador, e tem sido encontrados valores entre 300 e 10.000 cps (cintilações por segundo). Para valores acima de 6.000 cps, o lote é separado, é feita a medição novamente para encontrar a fonte de radiação, e o material é enviado para empresa especializada. As fontes mais encontradas são para-raios radioativos e tubos de perfuração da Petrobrás.

O *lay-out* desta usina tem:

- Área de manutenção com 1.400 m<sup>2</sup>.
- SEE - Sub Estação Elétrica com 100 m<sup>2</sup>.
- Pátio de sucata com 10.000 toneladas de sucata.
- Área de preparação da sucata com 2.100 m<sup>2</sup>.
- Prensa da sucata com 90 m<sup>2</sup>.
- Área dos cestões com 408 m<sup>2</sup>.
- Forno FEA com 477 m<sup>2</sup>.
- Área do forno panela com 1.029 m<sup>2</sup>.
- Área para troca dos refratários com 517 m<sup>2</sup>.
- Área dos tarugos com 3.000 m<sup>2</sup>.
- Quatro torres de resfriamento com (8 x 8) m<sup>2</sup>, cada uma.
- Área da White Martins (O<sub>2</sub>) com 450 m<sup>2</sup>.

#### **9.2.4. Visita à Fundação Saint Gobain**

Fizemos uma visita à Fundação Saint Gobain em 2 de junho de 2016.

Participaram desta visita os Professores Paulo Assis e Jorge Brescia; os senhores Leandro Miranda e Sinesio Salles.

Fomos recebidos pelos engenheiros da Saint Gobain, os senhores Lucas Coura e Fábio Silva.

Os dados do Grupo Saint Gobain no Brasil:

- O grupo está no Brasil a 78 anos;
- Hoje tem 20.000 empregados;
- Com um faturamento de 2,5 bilhões de euros.

Os dados da fundição Saint Gobain de Itaúna:

- Dispões de 18.000 m<sup>2</sup> construídos;

- Trabalha sob encomenda, por isto tem estoques de apenas 50 toneladas;
- Pátio de sucata coberto;
- Exportações de 10% para os EUA;
- Exportações de 70% para a Europa.

Cada forno tem a capacidade de seis toneladas. A temperatura final é de 1.510°C, mas depois do tratamento com magnésio a temperatura é de 1.450°C. É mantida uma tonelada de pé de banho. O pré-aquecimento dos dois fornos de indução é por maçarico.

São feitas 10 corridas por dia, em um turno.

O ciclo de processo é de 55 minutos, mas já tiveram condição de trabalhar com 45 minutos. A equipe da fundição é de 13 pessoas.

Produção de 15.000 t/a de ferro fundido nodular (grafita esferoidal).

A produção limite, ou no ponto de equilíbrio é de 5.000 t/a.

O banho é constituído por 64% de gusa sólido, 34% de refugos e aproximadamente 2% de sucata de aço para ajustar a composição; acrescidos de compostos descorificantes. O material final produzido por indução tem a seguinte composição:

C: 3,7%,

Si: 2,4%,

P: 0,08%,

Mn: 0,15%,

S: 0,025%.

A troca do refratário é a cada 300 corridas, e tem um consumo médio de 3,5 kg/t.

O consumo dos dois fornos é de 600 kWh/t. O preço da energia elétrica é de R\$ 110,00 por MWh. Mas no período de [17:30 a 20:30] horas tem um aumento de 2.000%. O transformador dos fornos faz a conversão de 13,8kV para 720 V.

O tratamento por magnésio metálico é de 600 g/t, ou de (FeSiMn) a uma taxa de [11 a 13] kg/t. A adição de Cálcio Silício é de 0,5%.

A água de toda a usina é obtida de dois poços artesianos. A reposição de água na refrigeração dos dois fornos é de cinco m<sup>3</sup> por hora. A caixa d'água tem 30 m<sup>3</sup> para toda a área industrial.

O resfriamento ocorre de 70°C para 25°C, em duas torres de 5,0 metros de diâmetro.

O nível de ruído no pior momento está entre [85 - 90] dB.

Produção de escória é de 25 kg/t, retirada por pinça com um pequeno guindaste. As pinças duram de 1 a 2 dias.

A geração de pó é de 150 mg/m<sup>3</sup>.

A área do *lay-out* da fundição é de [15 x 30] m<sup>2</sup>. A cada corrida, o forno é carregado por seis carregamentos. As duas cargas de sucata são de 500 kg, cada. A ponte rolante que faz o carregamento dos fornos é de 10 toneladas. As luminárias no galpão estão espaçadas de 6 metros entre si.

A manutenção da usina mantém 10 pessoas entre [17:00 as 24:00] horas, e outras 2 pessoas entre [24:00 e 07:00] horas. Para a fundição uma pessoa com experiência em mecânica e elétrica. Os dois fornos de indução passam diariamente por revisões de manutenção. Os aspectos de mecânica e elétrica são bastante simples. A disponibilidade dos dois fornos é de 99%. Dentro de 16 anos de operação, ocorreu um caso de defeito em um componente do comando, que exigiu contatar o fabricante na Europa.

A bobina do forno é trocada a cada 2 anos.

As peças produzidas são tampas de bueiros e conexões de distribuição de água. As peças tinham uma média de peso de 42 kg. E hoje tem uma média de 30 kg. O nível de defeitos das peças finais no cliente é de 700 ppm.

A produção de refugo é de 4%, que volta para compor uma próxima carga.

Foi centralizado o armazenamento de GLP. Consumo de 5 kg/t.

Um estudo para implantação de máquina automática de rebarbação apresentou os seguintes valores: (1) ciclo de processo passa de 4 minutos para 50 segundos; (2) menor ruído, (3) menor passivo trabalhista e (4) amortização de 300.000,00 euros em 3 anos.

## **Outros Anexos**

### **9.3. Investimentos (CAPEX)**

Ver as planilha em Excel: Custos FI.xlsx, Custos EOF.xlsx e Custos FEA.xlsx.

### **9.4. Custos (OPEX)**

Ver as planilha em Excel: Custos FI.xlsx, Custos EOF.xlsx e Custos FEA.xlsx.

### **9.5. Riscos de Falhas Potenciais**

Ver os arquivos: Analise Preliminar de Riscos (Produto).pdf, Analise Preliminar de Riscos (Processo).pdf e Analise Preliminar de Riscos (Projeto).pdf.

## **9.6. Matriz de Avaliação**

Ver a planilha em Excel: Matriz Avaliação.2.xlsx.

## **9.7. Analise BCG**

Ver o arquivo: Analise BCG.png.

## **9.8. Cronograma do Projeto**

Ver o arquivo: Cronograma.pdf.

## **9.9. Modelamento da Operação de Produção**

Ver as planilhas em Excel: Model Operação FEA.xlsx, Model Operação FI.xlsx e Model Operação EOF.xlsx.

## **9.10. Fluxos de Caixa**

Ver as planilha em Excel: Fluxo de Caixa.FI.xlsx, Fluxo de Caixa.EOF.xlsx e Fluxo de Caixa.FEA.xlsx.

## **Anexo 9.3**

### **Investimentos (CAPEX)**

Planilha

Invest FEA.xlsx

Invest EOF.xlsx

Invest FI.xlsx

**INVESTIMENTO - Forno FEA****VALOR**

Estudos:	20.000,00
Desenhos:	30.000,00
Despachante:	10.000,00
Terreno:	
Canteiro de Obras:	20.000,00
Terraplanagem:	300.000,00
Perdas de Material da Obra:	200.000,00
Prédios:	6.000.000,00
Equipamentos de Armazéns:	20.000,00
Prensa Tesoura:	6.100.000,00
Máquinas Móveis:	3.400.000,00
Oxicorte:	20.000,00
Estoques Iniciais:	200.000,00
Forno:	33.000.000,00
Sala de Comando do Forno:	40.000,00
Sistemas de Ventilação:	200.000,00
Sist. de Despoeiramento:	27.700.000,00
Sistema de Adição de Fundentes:	200.000,00
2 Pontes Rolantes:	20.000.000,00
Sistema de Cestões:	816.000,00
Carros Pannelas:	1.300.000,00
Instalações (dutos, cotovelos, distribuição):	40.000,00
Ampliação de Escritórios, Laboratórios, Banheiros, Refeitório e Enfermaria:	200.000,00
Seleção de Trabalhadores e Treinamentos:	30.000,00
6 Caminhões:	1.200.000,00
Estacionamentos de Automóveis:	25.000,00
Estacionamentos de Caminhões:	200.000,00
Ruamento:	500.000,00
Ampliação da Sub-Estação Elétrica:	20.000.000,00
Filtro de Distribuição Elétrica:	3.300.000,00
Torres de Resfriamento:	200.000,00
Ampliação da Caixa de Água:	60.000,00
Estação de Tratamento de Água:	990.000,00
Estação de Tratamento de Esgotos:	100.000,00
Sistema de Águas Pluviais:	20.000,00
Sistema de Combate a Incêndio:	150.000,00
Sistema de Controle de Radiações Ionizantes:	15.000,00
Sistema de Controle dos Impactos Ambientais:	15.000,00
Sistema de Para Raios:	10.000,00
Área de Manutenção:	200.000,00
Outros:	500.000,00

**TOTAL 127.331.000,00**



**INVESTIMENTO - Forno EOF****VALOR**

Estudos:	20.000,00
Desenhos:	30.000,00
Despachante:	10.000,00
Terreno:	
Canteiro de Obras:	20.000,00
Terraplanagem:	300.000,00
Perdas de Material da Obra:	200.000,00
Prédios:	6.000.000,00
Equipamentos de Armazéns:	20.000,00
Prensa Pacote:	500.000,00
Máquinas Móveis:	3.400.000,00
Oxicorte:	20.000,00
Estoques Iniciais:	200.000,00
Misturador de Gusa:	510.000,00
Carro e Panelas de Gusa	1.257.000,00
Forno:	42.900.000,00
Sala de Comando do Forno:	40.000,00
Sistemas de Ventilação:	200.000,00
Sist. de Despoeiramento:	39.600.000,00
Sistema de Adição de Fundentes:	200.000,00
2 Pontes Rolantes:	20.000.000,00
Sistema de Cestões:	816.000,00
Carros Panelas:	1.300.000,00
Instalações (dutos, cotovelos, distribuição):	40.000,00
Ampliação de Escritórios, Laboratórios, Banheiros, Refeitório e Enfermaria:	200.000,00
Seleção de Trabalhadores e Treinamentos:	30.000,00
15 Caminhões:	3.000.000,00
Estacionamentos de Automóveis:	25.000,00
Estacionamentos de Caminhões:	200.000,00
Ruamento:	500.000,00
Torres de Resfriamento:	200.000,00
Ampliação da Caixa de Água:	60.000,00
Estação de Tratamento de Água:	990.000,00
Estação de Tratamento de Esgotos:	100.000,00
Sistema de Águas Pluviais:	20.000,00
Sistema de Combate a Incêndio:	150.000,00
Sistema de Controle de Radiações Ionizantes:	15.000,00
Sistema de Controle dos Impactos Ambientais:	15.000,00
Sistema de Para Raios:	10.000,00
Área de Manutenção:	200.000,00
Outros:	500.000,00

**TOTAL 123.798.000,00**

**INVESTIMENTO - Forno FI****VALOR**

Estudos:	20.000,00
Desenhos:	30.000,00
Despachante:	10.000,00
Terreno:	
Canteiro de Obras:	20.000,00
Terraplanagem:	300.000,00
Perdas de Material da Obra:	200.000,00
Prédios:	6.000.000,00
Equipamentos de Armazéns:	20.000,00
Prensa Tesoura:	6.100.000,00
Máquinas Móveis:	3.400.000,00
Oxicorte:	20.000,00
Estoques Iniciais:	200.000,00
Misturador de Gusa:	510.000,00
Carro e Painelas de Gusa	1.257.000,00
Forno:	6.800.000,00
Ampliação da Sub-Estação Elétrica:	20.000.000,00
Filtro de Distribuição Elétrica:	3.300.000,00
Sala de Comando do Forno:	40.000,00
Sistemas de Ventilação:	200.000,00
Sist. de Despoeiramento:	4.760.000,00
Sistema de Adição de Fundentes:	200.000,00
2 Pontes Rolantes:	20.000.000,00
Sistema de Cestões:	816.000,00
Carros Painelas:	1.300.000,00
Instalações (dutos, cotovelos, distribuição):	40.000,00
Ampliação de Escritórios, Laboratórios, Banheiros, Refeitório e Enfermaria:	200.000,00
Seleção de Trabalhadores e Treinamentos:	30.000,00
3 Caminhões:	600.000,00
Estacionamentos de Automóveis:	25.000,00
Estacionamentos de Caminhões:	200.000,00
Ruamento:	500.000,00
Torres de Resfriamento:	200.000,00
Ampliação da Caixa de Água:	60.000,00
Estação de Tratamento de Água:	990.000,00
Estação de Tratamento de Esgotos:	100.000,00
Sistema de Águas Pluviais:	20.000,00
Sistema de Combate a Incêndio:	150.000,00
Sistema de Controle de Radiações Ionizantes:	15.000,00
Sistema de Controle dos Impactos Ambientais:	15.000,00
Sistema de Para Raios:	10.000,00
Área de Manutenção:	200.000,00
Outros:	500.000,00

**TOTAL****79.358.000,00**

## **Anexo 9.4.1**

### **Custos (OPEX)**

Planilha

Custos FI.xlsx

## Processo Forno de Indução

Forno FI			
Descrição	Símbolo	Unidade	Valor
Ciclo de Produção	CiProd	min/corrida	65
Mão Obra Direta	MOD	peessoas	45
Rendimento do Forno	RendFor	%	90,60%
Rendimento do Pátio	RendPat	%	96,40%
Custo Pátio Sucata	CPatSuc	R\$/t	71,00
Custo Fixo	Cfix	R\$	18.326.000,00
Custo Variável	Cvar	R\$/t	805,30
Produção Anual	ProdAn	t	150.000
Número de Turnos	NumTur	turnos	3
Corridas médias por dia	CorDia	corridas/dia	13
Capacidade do Forno	CapFor	t	30
Depreciação	Dep	R\$	7.936.000,00
Seguros	Seg	R\$	1.590.000,00
Financiamento	Fin	R\$	3.215.000,00
Mão de Obra Indireta	MOI	R\$	2.340.000,00
Material de Escritório	MatEsc	R\$	90.000,00
Alimentação	Alim	R\$	300.000,00
Telefone	Tel	R\$	75.000,00
Informática	Info	R\$	50.000,00
Limpeza	Limp	R\$	150.000,00
Publicidade	Publ	R\$	100.000,00
Manutenção	Manut	R\$	2.380.000,00
Outros	Out	R\$	100.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>18.326.000,00</b>

RendFor	0,906
---------	-------

7.936.000,00
1.590.000,00
3.215.000,00
2.340.000,00
90.000,00
300.000,00
75.000,00
50.000,00
150.000,00
100.000,00
2.380.000,00
100.000,00

<b>TOTAL</b>	<b>18.326.000,00</b>	Custos Fixos Anuais
--------------	----------------------	---------------------

<b>10.390.000,00</b>	SEM DEPRECIÇÃO
----------------------	----------------

<b>18.326.000,00</b>	Sem Amortização
----------------------	-----------------

Custos Variáveis				
Descrição	Proporção	Quantidade	Unitário	Preço
		t	R\$/t	R\$
Sucata	100%	1,06	437,00	463,22
Calcítica		0,0085	250,00	2,13
Dolomítica		0,43	0,26	0,11
Liga FeSiMn		3	4,30	12,90
Liga FeSi 75		1	4,30	4,30
Liga SiC		0,13	4,30	0,56
Liga Al		0,09	5,00	0,45
				0,00
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>483,66</b>

463,22
2,13
0,11
12,90
4,30
0,56
0,45
0,00

<b>SUB-TOTAL</b>	<b>483,66</b>	<b>R\$/t</b>
------------------	---------------	--------------

Custos Variáveis				
Descrição	Observação	Quantidade	Unitário	Preço
			R\$/t	R\$/t
Eletrodos		0		0,00
Refratários do Forno		9,3	4,00	37,20
Energia Elétrica		640	0,24	153,60
Oxigênio		2	0,45	0,90
Nitrogênio		6	0,21	1,26
Gás Natural		3,5	1,34	4,69
Pátio de Sucata		1,16	71,00	82,36
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>280,01</b>

0,00
37,20
153,60
0,90
1,26
4,69
82,36

<b>SUB-TOTAL</b>	<b>280,01</b>	<b>R\$/t</b>
------------------	---------------	--------------

<b>Custo Material Anual</b>	<b>R\$ 114.551.112,00</b>
-----------------------------	---------------------------

Custos Variáveis				
Descrição	Observação	Quantidade	Unitário	Preço
			R\$/unidade	R\$/ano
Iluminação	Luminárias a cada 3 mts.			80.000,00
Água	5,5 m³ por corrida	38.000 m³/ano		112.000,00
Impostos	27% sobre o Lucro			
Mão de Obra Direta	13 vezes	45	2.500,00	1.462.500,00
Encargos Sociais	MOD + MOI			3.802.500,00
Consumíveis				200.000,00
Partes Sobressalentes				100.000,00
Transportes				200.000,00
Troca de Filtros				20.000,00
Uniformes	4 uniformes/cada	85	50,00	17.000,00
Controles Ambientais				20.000,00
Material de Segurança	3 conjuntos/cada	85	100,00	25.500,00
Troca dos Garfos				
Cilindros Pneumáticos	entre 5 anos			5.000,00
Compressor	entre 20 anos			50.000,00
Troca da Vedação	entre 1.200 corridas			30.000,00
Testes Hidrostáticos	entre 6.000 corridas			20.000,00
Outros	Gás, Lanças, Demissões			100.000,00
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>6.244.500,00</b>

80.000,00	
112.000,00	
1.462.500,00	
3.802.500,00	
200.000,00	
100.000,00	
200.000,00	
20.000,00	
17.000,00	
20.000,00	
25.500,00	
5.000,00	
50.000,00	
30.000,00	
20.000,00	
100.000,00	
	<b>( sem impostos)</b>
<b>805,30</b>	<b>R\$/t ( sem impostos)</b>

**Custos Variáveis Totais: R\$ 120.795.612,00**

<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 131.185.612,00</b>	( sem depreciação)
--------------------	---------------------------	--------------------

<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 96.750.388,00</b>	( sem amort. e sem depreciação)
--------------	--------------------------	---------------------------------

<b>IMPOSTO</b>	<b>R\$ 26.122.604,76</b>
----------------	--------------------------

Parâmetros	Valores	Unidade
CiProd	65	min/corrida
MOD	45	pessoas
RendFor	90,60%	%
RendPat	96,40%	%
CPatSuc	71,00	R\$/t
Cfix	18.326.000,00	R\$
Cvar S/I (R\$/t)	805,30	R\$/t
ProdAn	150.000	t
NumTur	3	turnos
CorDia	13	corridas/dia
CVT	120.795.612,00	R\$
R	225.000.000,00	R\$
CTCD	139.121.612,00	R\$
PCD	85.878.388,00	R\$
CSD	131.185.612,00	R\$
PSD	96.750.388,00	R\$

### Análise de Sensibilidade

<b>MaxProd</b>	220.000	t/a
----------------	---------	-----

Observação	Volume Prod. t/a	Lucro (MM R\$)	%
	140.000	78,5	91,39%
Volume atual	150.000	85,9	1
	160.000	96,2	111,99%
	170.000	106,5	123,98%
	180.000	116,8	135,97%
	200.000	127,1	147,96%
Máxima produção	220.000	137,4	159,95%

<b>Declividade</b>	736,25	R\$/t/a
<b>Diferencial</b>	68,57%	%

Observação	Custo EE R\$ / kWh	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	0,12	97,4	113,39%
	0,16	93,6	108,96%
	0,20	89,8	104,54%
Valor atual	0,24	85,9	1
	0,28	82,1	95,58%
	0,32	78,3	91,15%
( + 50% )	0,36	74,4	86,61%

<b>Declividade</b>	-95,83	MM R\$/R\$/kWh
<b>Diferencial</b>	26,78%	%

Observação	Preço Gusa R\$ / t	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	372,00	85,9	1
	476,00	85,9	1
	595,00	85,9	1
Valor atual	743,00	85,9	1
	833,00	85,9	1
	952,00	85,9	1
( + 50% )	1.114,00	85,9	1

<b>Declividade</b>	0,00	MM R\$/R\$/t
<b>Diferencial</b>	0,00%	%

Observação	Preço Sucata	Lucro	
	R\$ / t	(MM R\$)	%
( - 50% )	218,00	120,7	140,51%
	284,50	109,2	127,12%
	355,60	97,7	113,74%
Valor atual	437,00	85,9	1
	497,80	74,4	86,61%
	568,90	62,9	73,22%
( + 50% )	655,00	51,2	59,60%

Declividade	-0,16	MM R\$/R\$/t
Diferencial	80,91%	%

Observação	Preço Aço Produzido	Lucro	
	R\$ / t	(MM R\$)	%
( - 50% )	750,00	-26,6	-30,97%
	1.000,00	10,9	12,69%
	1.250,00	48,4	56,34%
Valor atual	1.500,00	85,9	1
	1.750,00	123,4	143,66%
	2.000,00	160,9	187,31%
( + 50% )	2.250,00	198,4	230,97%

Declividade	0,15	MM R\$/R\$/t
Diferencial	261,93%	%

Observação	MOD	Lucro	
	R\$ / pessoa	(MM R\$)	%
( - 50% )	1.250,00	87,3	101,63%
	1.667,00	86,9	101,16%
	2.080,00	86,4	100,58%
Valor atual	2.500,00	85,9	1
	2.920,00	85,4	99,42%
	3.330,00	84,9	98,84%
( + 50% )	3.750,00	84,4	98,25%

Declividade	-1,16	kR\$/R\$/pes
Diferencial	3,38%	%



## **Anexo 9.4.2**

### **Custos (OPEX)**

Planilha

Custos EOF.xlsx

## Processo EOF

Forno EOF			
Descrição	Símbolo	Unidade	Valor
Ciclo de Produção	CiProd	min/corrida	32
Mão Obra Direta	MOD	pessoas	45
Rendimento do Forno	RendFor	%	85,00%
Rendimento do Pátio	RendPat	%	98,70%
Custo Pátio Sucata	CPatSuc	R\$/t	71,00
Custo Fixo	Cfix	R\$	30.065.000,00
Custo Variável	Cvar	R\$/t	978,05
Produção Anual	ProdAn	t	150.000
Número de Turnos	NumTur	turnos	3
Corridas médias por dia	CorDia	corridas/dia	28
Capacidade do Forno	CapFor	t	20

RendFor	0,850
---------	-------

Custos Fixos			
Descrição	Símbolo	Unidade	Valor
Depreciação	Dep	R\$	12.380.000,00
Seguros	Seg	R\$	2.480.000,00
Financiamento	Fin	R\$	8.081.000,00
Mão de Obra Indireta	MOI	R\$	2.340.000,00
Material de Escritório	MatEsc	R\$	120.000,00
Alimentação	Alim	R\$	400.000,00
Telefone	Tel	R\$	100.000,00
Informática	Info	R\$	50.000,00
Limpeza	Limp	R\$	200.000,00
Publicidade	Publ	R\$	100.000,00
Manutenção	Manut	R\$	3.714.000,00
Outros	Out	R\$	100.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>30.065.000,00</b>

12.380.000,00
2.480.000,00
8.081.000,00
2.340.000,00
120.000,00
400.000,00
100.000,00
50.000,00
200.000,00
100.000,00
3.714.000,00
100.000,00

<b>30.065.000,00</b>	<b>Custos Fixos Anuais</b>
----------------------	----------------------------

<b>17.685.000,00</b>	<b>(sem depreciação)</b>
----------------------	--------------------------

Custos Variáveis				
Descrição	Proporção	Quantidade	Unitário	Preço
		t	R\$/t	R\$/t
Sucata		0,296	437,00	129,35
Calcítica		0,00535	250,00	1,34
Dolomítica		0,00035	250,00	0,09
Gusa Líquido		0,82	743,00	609,26
Gusa Sólido		0,06	743,00	44,58
DRI		0		0,00
Liga FeSi		7,13	4,30	30,66
Liga Al		0,09	5,00	0,45
Coke		0,22	0,63	0,14
			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>815,86</b>
				<b>R\$/t</b>

129,35
1,34
0,09
609,26
44,58
0,00
30,66
0,45
0,14

Custos Variáveis				
Descrição	Observação	Quantidade	Unitário	Preço
			R\$/t	R\$/t
Eletrodos		0		0,00
Refratários do Forno		9,5	4,00	38,00
Energia Elétrica		100	0,24	24,00
Oxigênio		60	0,45	27,00
Nitrogênio		6	0,21	1,26
Gás Natural		3,5	1,34	4,69
Pátio de Sucata		0,296	71,00	21,02
			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>115,97</b>
				<b>R\$/t</b>

0,00
38,00
24,00
27,00
1,26
4,69
21,02

<b>Custo Anual de Materiais</b>	<b>R\$ 139.774.590,00</b>
---------------------------------	---------------------------

Custos Variáveis					
Descrição	Observação	Quantidade	Unitário	Preço	
			R\$/unidade	R\$/ano	
Iluminação	Luminárias a cada 3 mts.			80.000,00	
Água	22 m³ por corrida	150.000 m³/ano		450.000,00	
Impostos	27% sobre o Lucro				
Mão de Obra Direta	13 vezes	45	2.500,00	1.462.500,00	
Encargos Sociais	MOD + MOI			3.802.500,00	
Consumíveis				250.000,00	
Partes Sobressalentes				100.000,00	
Transportes				300.000,00	
Troca de Filtros				20.000,00	
Uniformes	4 uniformes/cada	85	50,00	17.000,00	
Controles Ambientais				20.000,00	
Material de Segurança	3 conjuntos/cada	85	100,00	25.500,00	
Troca dos Garfos	entre 6.000 corridas			20.000,00	
Cilindros Pneumáticos	entre 5 anos			5.000,00	
Compressor	entre 20 anos			50.000,00	
Troca da Vedação	entre 1.200 corridas			30.000,00	
Testes Hidrostáticos	entre 6.000 corridas			20.000,00	
Outros	Gás, Lanças, Demissões			100.000,00	
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>6.932.500,00</b>	<b>R\$ ( sem impostos)</b>
				<b>978,05</b>	<b>R\$/t ( sem impostos)</b>

**Custos Variáveis Totais: R\$ 146.707.090,00**

RECEITA		
Volume	R\$ / t	Receita / a
150.000	R\$ 1.500,00	R\$ 225.000.000,00

**CUSTO TOTAL R\$ 176.772.090,00**

**LUCRO R\$ 48.227.910,00**

**LUCRO R\$ 55.607.910,00** Sem Amortização

**IMPOSTO R\$ 18.356.735,70**

<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 164.392.090,00</b>	(sem depreciação)
--------------------	---------------------------	-------------------

<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 67.987.910,00</b>	(sem amort. e sem depreciação)
--------------	--------------------------	--------------------------------

Parâmetros	Valores	Unidade
CiProd	32	min/corrída
MOD	45	pessoas
RendFor	85,00%	%
RendPat	98,70%	%
CPatSuc	<b>71,00</b>	R\$/t
Cfix	30.065.000,00	R\$
Cvar S/I (R\$/t)	978,05	R\$/t
ProdAn	150.000	t
NumTur	3	turnos
CorDia	28	corridas/dia
CVT	146.707.090,00	R\$
R	225.000.000,00	R\$
CTCD	176.772.090,00	R\$
PCD	48.227.910,00	R\$
CSD	164.392.090,00	R\$
PSD	67.987.910,00	R\$

**Análise de Sensibilidade**

<b>MaxProd</b>	279.000	t/a
----------------	---------	-----

Observação	Volume Prod. t/a	Lucro (MM R\$)	%
	130.000	37,8	78,42%
Volume atual	150.000	48,2	1
	170.000	61,6	127,80%
	190.000	75,1	155,81%
	210.000	88,6	183,82%
	240.000	102,1	211,83%
Máxima produção	279.000	115,6	239,83%

<b>Declividade</b>	522,15	R\$/t/a
<b>Diferencial</b>	161,41%	%

Observação	Custo EE R\$ / kWh	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	0,12	50,0	103,73%
	0,16	49,4	102,49%
	0,20	48,8	101,24%
Valor atual	0,24	48,2	1
	0,28	47,6	98,76%
	0,32	47,0	97,51%
( + 50% )	0,36	46,4	96,27%

<b>Declividade</b>	-15,00	MM R\$/R\$/kWh
<b>Diferencial</b>	7,47%	%

Observação	Preço Gusa R\$ / t	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	372,00	97,2	201,66%
	476,00	80,9	167,84%
	595,00	64,6	134,02%
Valor atual	743,00	48,2	1
	833,00	31,9	66,18%
	952,00	15,6	32,37%
( + 50% )	1.114,00	-0,7	-1,45%

<b>Declividade</b>	-0,13	MM R\$/R\$/t
<b>Diferencial</b>	203,11%	%

Observação	Preço Sucata	Lucro	
	R\$ / t	(MM R\$)	%
( - 50% )	218,00	120,7	140,51%
	284,50	109,2	127,12%
	355,60	97,7	113,74%
Valor atual	437,00	85,9	1
	497,80	74,4	86,61%
	568,90	62,9	73,22%
( + 50% )	655,00	51,2	59,60%

Declividade	-0,16	MM R\$/R\$/t
Diferencial	80,91%	%

Observação	Preço Aço Produzido	Lucro	
	R\$ / t	(MM R\$)	%
( - 50% )	750,00	-26,6	-30,97%
	1.000,00	10,9	12,69%
	1.250,00	48,4	56,34%
Valor atual	1.500,00	85,9	1
	1.750,00	123,4	143,66%
	2.000,00	160,9	187,31%
( + 50% )	2.250,00	198,4	230,97%

Declividade	0,15	MM R\$/R\$/t
Diferencial	261,93%	%

Observação	MOD	Lucro	
	R\$ / pessoa	(MM R\$)	%
( - 50% )	1.250,00	87,3	101,63%
	1.667,00	86,9	101,16%
	2.080,00	86,4	100,58%
Valor atual	2.500,00	85,9	1
	2.920,00	85,4	99,42%
	3.330,00	84,9	98,84%
( + 50% )	3.750,00	84,4	98,25%

Declividade	-1,16	kR\$/R\$/pes
Diferencial	3,38%	%

## **Anexo 9.4.3**

### **Custos (OPEX)**

Planilha

Custos FEA.xlsx

# Processo FEA

Forno FEA			
Descrição	Símbolo	Unidade	Valor
Ciclo de Produção	CiProd	min/corrida	52
Mão Obra Direta	MOD	peessoas	45
Rendimento do Forno	RendFor	%	88,90%
Rendimento do Pátio	RendPat	%	96,40%
Custo Pátio Sucata	CPatSuc	R\$/t	71,00
Custo Fixo	Cfix	R\$	30.483.500,00
Custo Variável	Cvar	R\$/t	943,21
Produção Anual	ProdAn	t	150.000
Número de Turnos	NumTur	turnos	3
Corridas médias por dia	CorDia	corridas/dia	16
Capacidade do Forno	CapFor	t	25

RendFor	0,889
---------	-------

Custo Fixo			
Descrição	Símbolo	Unidade	Valor
Depreciação	Dep	R\$	12.733.000,00
Seguros	Seg	R\$	2.550.000,00
Financiamento	Fin	R\$	8.468.000,00
Mão de Obra Indireta	MOI	R\$	2.047.500,00
Material de Escritório	MatEsc	R\$	90.000,00
Alimentação	Alim	R\$	300.000,00
Telefone	Tel	R\$	75.000,00
Informática	Info	R\$	50.000,00
Limpeza	Limp	R\$	150.000,00
Publicidade	Publ	R\$	100.000,00
Manutenção	Manut	R\$	3.820.000,00
Outros	Out	R\$	100.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>30.483.500,00</b>

12.733.000,00
2.550.000,00
8.468.000,00
2.047.500,00
90.000,00
300.000,00
75.000,00
50.000,00
150.000,00
100.000,00
3.820.000,00
100.000,00

<b>30.483.500,00</b>	Custos Fixos Anuais
----------------------	---------------------

<b>17.750.500,00</b>	SEM DEPRECIÇÃO
----------------------	----------------

<b>30.483.500,00</b>	Sem Amortização
----------------------	-----------------



Custos Variáveis					
Descrição	Proporção	Quantidade	Unitário	Preço	
		t	R\$/t	R\$/t	
Sucata	75%	0,857	437,00	374,51	
Calcítica		0,00522	250,00	1,31	
Dolomítica		0,43	0,25	0,11	
Gusa Líquido	10%	0,12	743,00	89,16	
Gusa Sólido	15%	0,184	743,00	136,71	
DRI		0		0,00	
Liga FeSi		7,13	4,30	30,66	
Liga Al		0,09	5,00	0,45	
Coke		0,09	0,63	0,06	
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>632,96</b>	<b>R\$/t</b>

374,51
1,31
0,11
89,16
136,71
0,00
30,66
0,45
0,06

Custos Variáveis					
Descrição	Observação	Quantidade	Unitário	Preço	
			R\$/t	R\$/t	
Eletrodos		2	6,12	12,24	
Refratários do Forno		6	4,00	24,00	
Energia Elétrica		670	0,24	160,80	
Oxigênio		15	0,45	6,75	
Nitrogênio		6	0,21	1,26	
Gás Natural		3,5	1,34	4,69	
Pátio de Sucata		0,857	71,00	60,85	
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>270,59</b>	<b>R\$/t</b>

12,24
24,00
160,80
6,75
1,26
4,69
60,85

<b>Custo Material Anual</b>	<b>R\$ 135.531.930,00</b>
-----------------------------	---------------------------



<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 159.231.930,00</b>	(sem depreciação)
--------------------	---------------------------	-------------------

<b>LUCRO</b>	<b>R\$ 73.501.070,00</b>	(sem amort. e sem depreciação)
--------------	--------------------------	--------------------------------

**Análise de Sensibilidade**

<b>MaxProd</b>	225.000	t/a
----------------	---------	-----

Parâmetros	Valores	Unidade
CiProd	52	min/corrida
MOD	45	peçoas
RendFor	88,90%	%
RendPat	96,40%	%
CPatSuc	71,00	R\$/t
Cfix	30.483.500,00	R\$
Cvar S/l (R\$/t)	943,21	R\$/t
ProdAn	150.000	t
NumTur	3	turnos
CorDia	16	corridas/dia
CVT	141.481.430,00	R\$
R	225.000.000,00	R\$
CTCD	171.964.930,00	R\$
PCD	53.035.070,00	R\$
CSD	159.231.930,00	R\$
PSD	73.501.070,00	R\$

Observação	Volume Prod. (t/a)	Lucro (MM R\$)	%
	130.000	41,9	79,06%
Volume atual	150.000	53,0	1
	170.000	61,4	115,85%
	190.000	69,6	131,32%
	210.000	78,0	147,17%
	220.000	86,4	163,02%
Máxima Produção	225.000	94,8	178,87%

<b>Declividade</b>	556,84	R\$/t/a
<b>Diferencial</b>	99,8%	%

Observação	Custo EE R\$/kWh	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	0,12	65,1	122,83%
	0,16	61,0	115,09%
	0,20	57,0	107,55%
Valor atual	0,24	53,0	1
	0,28	49,0	92,45%
	0,32	45,0	84,91%
( + 50% )	0,36	41,0	77,36%

<b>Declividade</b>	-100,42	MM R\$/R\$/kWh
<b>Diferencial</b>	45,5%	%

Observação	Preço Gusa R\$/t	Lucro (MM R\$)	%
( - 50% )	372,00	70,0	132,08%
	476,00	64,0	120,75%
	595,00	58,5	110,38%
Valor atual	743,00	53,0	1
	833,00	47,5	89,62%
	952,00	42,0	79,25%
( + 50% )	1.114,00	36,1	68,11%

<b>Declividade</b>	-45.687,3	R\$/R\$/t
<b>Diferencial</b>	64,0%	%

Observação	Preço Sucata	Lucro	
	R\$/t	(MM R\$)	%
( - 50% )	218,00	81,2	153,21%
	284,50	71,6	135,09%
	355,60	62,3	117,55%
Valor atual	437,00	53,0	1
	497,80	43,6	82,26%
	568,90	34,3	64,72%
( + 50% )	655,00	25,0	47,17%

Declividade	-128.604,1	R\$/R\$/t
Diferencial	106,0%	%

Observação	Preço Aço Produzido	Lucro	
	R\$/t	(MM R\$)	%
( - 50% )	750,00	-59,5	-112,26%
	1.000,00	-22,0	-41,51%
	1.250,00	15,5	29,25%
Valor atual	1.500,00	53,0	1
	1.750,00	90,5	170,75%
	2.000,00	128,0	241,51%
( + 50% )	2.250,00	165,5	312,26%

Declividade	150.000,0	R\$/R\$/t
Diferencial	424,5%	%

Observação	MOD	Lucro	
	R\$/pessoa	(MM R\$)	%
( - 50% )	1.250,00	54,5	102,83%
	1.667,00	54,0	101,89%
	2.080,00	53,5	100,94%
Valor atual	2.500,00	53,0	1
	2.920,00	52,5	99,06%
	3.330,00	52,0	98,11%
( + 50% )	3.750,00	51,6	97,36%

Declividade	-1.160,00	R\$/R\$/pes
Diferencial	5,5%	%

**Anexo 9.5.1.**

**Riscos de Falhas Potenciais**

Planilha

Analise Preliminar de Riscos (Produto).pdf



**Anexo 9.5.2.**

**Riscos de Falhas Potenciais**

Planilha

*Analise Preliminar de Riscos (Processo).pdf*

### Análise Preliminar de Riscos de Processo

Empresa: **REDEMAT** Unidade: **Mestrado**

Processo: **Refino Primário** Local: **Ouro Preto** Setor: **Metalurgia**

Equipe de Análise: **ainda a constituir**

Nome e e-mail do responsável pela análise: **Sinesio Salles Jr.** Data: **set/16**

Item	Função	Modo de Falha	Efeito	Causas	Severidade	Ocorrência	Prioridade	Ações Recomendadas	Resp.
							Prazo		
1	Definir o Processo	Menor produtividade devido aos processos fora do especificado			8				
2	Definir o Processo	Menor produtividade devido a falta de treinamentos			7				
3	Definir o Processo	Menor produtividade devido aos processos desbalanceados			8				
4	Definir o Processo	Menor produtividade devido aos equipamentos com paradas acima do estimado			8				
5	Definir o Processo	Variações de processo excessivas			7				
6	Definir o Processo	Instabilidades de processo			8				
7	Definir o Processo	Falta de instruções de processo			8				
8	Definir o Processo	Falhas nas instruções de processo			8				
9	Definir o Processo	Instruções de processo não estão sendo seguidas			8				
10	Definir o Processo	Capabilidades de processo abaixo do estimado			8				
11	Definir o Processo	Multas ambientais			8				
12	Definir o Processo	Criação de passivo trabalhista			8				
13	Definir o Processo	Criação de passivo ambiental			8				
14	Definir o Processo	Falhas gerenciais			8				
15	Definir o Processo	Apuração de valores incorretos			8				
16	Definir o Processo	Falha de PCP			7				
17	Definir o Processo	Falha quanto ao enquadramento fiscal			7				
18	Definir o Processo	Desgastes excessivos			7				
19	Definir o Processo	Equipamentos excessivamente acidentados			8				
20	Definir o Processo	Risco ao operador			9				
21	Definir o Processo	Parada de fornecimento			9				
22	Definir o Processo	Excesso de Rejeitos do Processo			8				
23	Definir o Processo	Redução da produção			9				
24	Definir o Processo	Mão de obra subdimensionada			8				
25	Definir o Processo	Quebra de ferramentas			8				





**Anexo 9.5.3.**

**Riscos de Falhas Potenciais**

Planilha

Analise Preliminar de Riscos (Projeto).pdf

### Análise Preliminar de Riscos de Projeto

Empresa: <b>REDEMAT</b>						Unidade: <b>Mestrado</b>			
Processo: <b>Refino Primário</b>				Local: <b>Ouro Preto</b>		Setor: <b>Metalurgia</b>			
Equipe de Análise: <b>ainda a constituir</b>									
Nome e e-mail do responsável pela análise: <b>Sinesio Salles Jr.</b>						Data: <b>set/16</b>			
Item	Função	Modo de Falha	Efeito	Causas	Severidade	Ocorrência	Prioridade	Ações Recomendadas	Resp.
							Prazo		
1	Projeto da Instalação	Estudos incompletos			8				
2	Projeto da Instalação	Menor lucratividade devido a custos acima dos previstos			9				
3	Projeto da Instalação	Menor lucratividade devido a receita abaixo do previsto			9				
4	Projeto da Instalação	Menor lucratividade devido a gastos extras			9				
5	Projeto da Instalação	Pagamento de multa			8				
6	Projeto da Instalação	Apuração de valores incorretos			8				
7	Projeto da Instalação	Dificuldade de montagem			8				
8	Projeto da Instalação	Mão de obra sub-dimensionada			8				
9	Projeto da Instalação	Falta de auditorias			8				
10	Projeto da Instalação	Erros causados por mal entendimento			8				
11	Projeto da Instalação	Dados incompletos			8				
12	Projeto da Instalação	Falhas no controle financeiro			8				
13	Projeto da Instalação	Falhas nas obras dos edifícios			9				
14	Projeto da Instalação	Falhas nas montagens dos equipamentos			9				
15	Projeto da Instalação	Falhas na execução da corrida piloto			8				
16	Projeto da Instalação	Falhas de prioridade de ações no projeto.			8				
17	Projeto da Instalação	Falhas na verificação do projeto			8				
18	Projeto da Instalação	Falhas na execução dos testes			9				
19	Projeto da Instalação	Falha na identificação das características significativas			8				
20	Projeto da Instalação	Falhas no plano de ações corretivas			8				
21	Projeto da Instalação	Falhas no levantamento do consumo de energia elétrica			8				
22	Projeto da Instalação	Falhas no levantamento do consumo de consumo de água			8				
23	Projeto da Instalação	Falhas no levantamento da necessidade de manutenção			9				
24	Projeto da Instalação	Falhas na definição da capacidade do Forno			8				
25	Projeto da Instalação	Falhas na definição do número de corridas			8				

26	Projeto da Instalação	Falhas nas horas trabalhadas			8			
27	Projeto da Instalação	Falhas na definição do ciclo de processo			8			
28	Projeto da Instalação	Falhas no sistema de despoejamento			9			
29	Projeto da Instalação	Geração de escória excessiva			7			
30	Projeto da Instalação	Geração de pó excessiva			8			
31	Projeto da Instalação	Geração de carepa excessiva			7			
32	Projeto da Instalação	Excesso no consumo de mangas da filtragem			8			
33	Projeto da Instalação	Excesso no consumo de eletrodos			7			
34	Projeto da Instalação	Excesso no consumo de refratários			9			
35	Projeto da Instalação	Excesso de ferro na escória			8			
36	Projeto da Instalação	Falha no nível de fósforo			9			
37	Projeto da Instalação	Falhas na troca da vedação			8			
38	Projeto da Instalação	Falhas nos testes hidrostáticos			9			

**Anexo 9.6**

**Matriz de Avaliação**

Planilha

Matriz Avaliação.xlsx

# Matriz de Avaliação

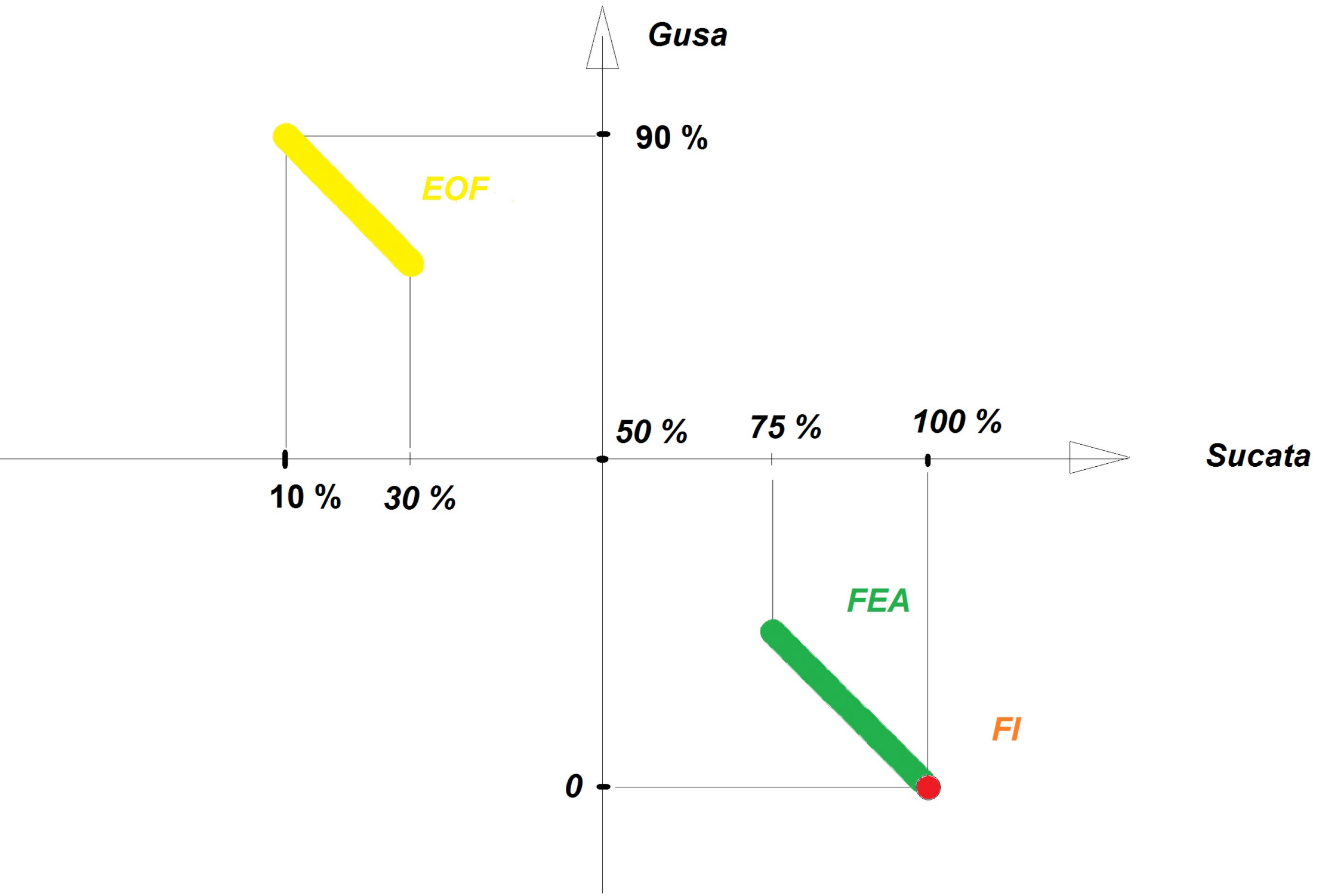
		Parcial	Forno EOF	N1	Forno FEA	N2	Forno FI	N3
1	Número de Turnos	20	3	6	3	7	3	7
2	Número de Corridas por dia	20	39	8	24	7	19	5
3	Ciclo por corrida	40	32 minutos	16	52 minutos	12	65 minutos	12
4	Rendimento do Forno	30	85%	9	88,90%	10	90,60%	11
5	Consumo de Nitrogênio	10	6 Nm³/t	3,3	6 Nm³/t	3,3	6 Nm³/t	3,3
6	Consumo de Oxigênio	10	60 Nm³/t	2	15 Nm³/t	3	2 Nm³/t	5
7	Consumo de Gás Natural	10	3,5 Nm³/t	3,3	3,5 Nm³/t	3,3	3,5 Nm³/t	3,3
8	Temperatura da Sucata	10	800 °C	6	Ambiente	2	Ambiente	2
9	Consumo de água	20	0,51 m³/t	6	0,25 m³/t	10	0,92 m³/t	4
10	Geração de Escória	20	150 kg/t	4	114 kg/t	6	25 kg/t	10
11	Rendimento do Pátio de Sucatas	10	98,70%	4	96,40%	3	96,40%	3
12	Consumo de Energia Elétrica Total	30	100 kWh/t	15	670 kWh/t	7	640 kWh/t	8
13	Mã de Obra	20	85	7	80	6	85	7
14	Temperatura no Vazamento	0	1.650 °C		1.620 °C		1.450 °C	
15	Consumo de Eletrodos	10	N/A	4	2,19 kg/t	2	N/A	4
16	Troca dos Garfos	10	a cada 6.000 corridas	2	N/A	4	N/A	4
17	Porcentagem de Gusa Líquido	10	67%	3	10%	5	0%	2
18	Porcentagem de Gusa Sólido	10	5%	3	15%	5	0%	2
19	Porcentagem de Sucata	10	28%	3	75%	5	100%	2
20	Consumo de Refratários	10	9,5 kg/t	3	6 kg/t	4	9,3 kg/t	3
21	Manutenção	10	2,4 MM R\$	4	3,7 MM R\$	3	3,8 MM R\$	3
	<b>TOTAL</b>	<b>320</b>		111,6 <b>34,9%</b>		107,6 <b>33,6%</b>		100,6 <b>31,4%</b>

**Anexo 9.7**

**Análise BCG**

Planilha

Analise BCG.png





**Anexo 9.8**

**Cronograma**

Planilha  
Cronograma.pdf





## **Anexo 9.9.1**

### **Análise e Modelamento da Operação de Produção**

Model Operação FI.xlsx

Materiais			
Sucata	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Sucata 1	250,00	50.000	0,058
Sucata 2	400,00	100.000	0,056
Sucata 3	500,00	150.000	0,052
Gusa	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Gusa 1	700,00	30.000	0,042
Gusa 2	650,00	20.000	0,046

Dados	
Custo Fixo (R\$/a)	29.400.000,00
Custo Var. Total (R\$/t)	906,26
Custo Material(R\$/t)	615,33
Custo Variavel (R\$/t)	290,93
Preço de Venda (R\$/t)	2.000,00
Max Venda (t)	150.000
Forno (t)	30
Rendimento (%)	88,9%
Corridas por dia	18

Restrição	
V sucata / V tot	0,703667

Processo FEA		Sucata	Volume
Tmanut (dias)	40	Sucata 1	13.758
Tooper (dias)	325	Sucata 2	0
Turnos	3	Sucata 3	104.971
V (t/a)	150.000		
Cvar (R\$/a)	139.013.201,65	TOTAL	118.729
Cfix (R\$/a)	29.400.000,00		
V (MAX)	176.000,00		
Impostos (R\$/a)	35.528.430,17	Gusa	Volume
Ctot (R\$/a)	168.413.201,65	Gusa 1	30.000
R (R\$/a)	299.999.980,05	Gusa 2	20.000
Ciclo (min)	52,0		
<b>Lucro (R\$/a)</b>	131.586.778,40	TOTAL	50.000

Aço Produzido		
Composição	Min (%)	Max (%)
Enxofre	0	0,05

Enxofre	(%)
Final	0,05

**Anexo 9.9.2**

**Análise e Modelamento da Operação de Produção**

Model Operação EOF.xlsx

Materiais			
Sucata	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Sucata 1	250,00	30.000	0,055
Sucata 2	400,00	80.000	0,05
Sucata 3	500,00	100.000	0,045
Gusa	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Gusa 1	750,00	0	0,04
Gusa 2	650,00	0	0,03

Dados	
Custo Fixo (R\$/a)	15.871.000,00
Custo Var. Total (R\$/t)	834,65
Custo Material(R\$/t)	529,70
Custo Variavel (R\$/t)	304,95
Preço de Venda (R\$/t)	2.000,00
Venda (t)	150.000
Forno (t)	30
Rendimento (%)	90,6%
Corridas por dia	19

Processo FI		Sucata	Volume
Tmanut (dias)	40	Sucata 1	30.000
Tooper (dias)	325	Sucata 2	80.000
Turnos	4	Sucata 3	55.563
V (t/a)	150.000		
Cvar (R\$/a)	117.769.867,68	TOTAL	165.563
Cfix (R\$/a)	15.871.000,00		
V (MAX)	190.000		
Impostos (R\$/a)	44.916.965,81	Gusa	Volume
Ctot (R\$/a)	133.640.867,68	Gusa 1	0
R (R\$/a)	300.000.000,29	Gusa 2	0
Ciclo (min)	65,0		
<b>Lucro (R\$/a)</b>	166.359.132,61	TOTAL	0

Aço Produzido		
Composição	Min (%)	Max (%)
Enxofre	0	0,05

Enxofre	(%)
Final	0,049228

**Anexo 9.9.3**

**Análise e Modelamento da Operação de Produção**

Model Operação FEA.xlsx



Materiais			
Sucata	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Sucata 1	250,00	30.000	0,07
Sucata 2	400,00	80.000	0,065
Sucata 3	500,00	100.000	0,065
Gusa Líquido	Preço (R\$/t)	Disponibilidade (t/ano)	Enxofre (%)
Gusa 1	750,00	80.000	0,04
Gusa 2	650,00	60.000	0,044

Dados	
Custo Fixo (R\$/a)	33.122.000,00
Custo Var. Total (R\$/t)	914,09
Custo Material (R\$/t)	789,98
Custo Variavel (R\$/t)	124,11
Preço de Venda (R\$/t)	2.000,00
Max Venda (t)	150.000
Forno (t)	20
Rendimento (%)	85,0%
Corridas por dia	29

Restrição	
V gusa / V tot	0,6884

Processo EOF		Sucata	Volume
Tmanut (dias)	40	Sucata 1	30.000
Tooper (dias)	325	Sucata 2	24.988
Turnos	3	Sucata 3	0
V (t/a)	150.000		
Cvar (R\$/a)	124.508.758,12	TOTAL	54.988
Cfix (R\$/a)	33.122.000,00		
V (MAX)	190.000		
Impostos (R\$/a)	38.439.650,25	Gusa Líquido	Volume
Ctot (R\$/a)	157.630.758,12	Gusa 1	61.482
R (R\$/a)	299.999.833,12	Gusa 2	60.000
Ciclo (min)	32,0		
<b>Lucro (R\$/a)</b>	142.369.075,00	TOTAL	121.482

Aço Produzido		
Composição	Min (%)	Max (%)
Enxofre	0	0,05

Enxofre	(%)
Final	0,05

## **Anexo 9.10**

### **Fluxo de Caixa**

#### Planilhas

Fluxo de Caixa.FI.xlsx

Fluxo de Caixa.EOF.xlsx

Fluxo de Caixa.FEA.xlsx

**Quadro do Fluxo Financeiro - FI**

Em R\$ 1.000.000,00

Descrição/Ano	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Líquida			225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
Custo Total			-131,2	-131,2	-131,2	-131,2	-131,2	-131,2	-131,2	-131,2	-131,2	-131,2
Lucro EBITDA			93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8
Despesas Finan.			2,78	2,50	2,23	1,95	1,67	1,39	1,11	0,84	0,56	0,28
Depreciação			7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Lucro EBIT			101,7	101,7	101,7	101,7	101,7	101,7	101,7	101,7	101,7	101,7
Impostos ( Taxa)			27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%
Impostos (Valor)			27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5
Lucro NOPAT			74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2
(+) Depreciação			7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
(-) Amortização			2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
(-) Investimentos	50	29,3										
(-) Capital de Giro												
(+) Liber. Financiam.												
(+) Valor Residual												
(+) Capital de Giro												
IR do Valor Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de Caixa Empr.	-50	-29,3	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2
TMA	<b>12%</b>											
VPL	R\$ 391,56											
TIR - Excel	69,19%											
VPL - Excel	R\$ 391,56											

**Quadro do Fluxo Financeiro - EOF**

Em R\$ 1.000.000,00

Descrição/Ano	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Líquida			225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
Custo Total			-164,4	-164,4	-164,4	-164,4	-164,4	-164,4	-164,4	-164,4	-164,4	-164,4
Lucro EBITDA			60,6	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6
Despesas Finan.			6,94	6,24	5,55	4,85	4,16	3,47	2,77	2,08	1,38	0,69
Depreciação			12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
Lucro EBIT			73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
Impostos ( Taxa)			27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%
Impostos (Valor)			19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
Lucro NOPAT			53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3
(+) Depreciação			12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
(-) Amortização			7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
(-) Investimentos	50	73,8										
(-) Capital de Giro												
(+) Liber. Financiam.												
(+) Valor Residual												
(+) Capital de Giro												
IR do Valor Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de Caixa Empr.	-50	-73,8	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4
TMA	<b>12%</b>											
VPL	R\$ 273,92											
TIR - Excel	39,23%											
VPL - Excel	R\$ 273,92											

**Quadro do Fluxo Financeiro - FEA**

Em R\$ 1.000.000,00

Descrição/Ano	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Líquida			225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
Custo Total			-159,2	-159,2	-159,2	-159,2	-159,2	-159,2	-159,2	-159,2	-159,2	-159,2
Lucro EBITDA			65,8	65,8	65,8	65,8	65,8	65,8	65,8	65,8	65,8	65,8
Despesas Finan.			7,34	6,61	5,87	5,14	4,41	3,67	2,94	2,20	1,47	0,73
Depreciação			12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Lucro EBIT			71,2	71,9	72,6	73,4	74,1	74,8	75,6	76,3	77,0	77,8
Impostos ( Taxa)			27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%
Impostos (Valor)			19,2	19,4	19,6	19,8	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	21,0
Lucro NOPAT			51,9	52,5	53,0	53,6	54,1	54,6	55,2	55,7	56,2	56,8
(+) Depreciação			12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
(-) Amortização			7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73
(-) Investimentos	50	77,3										
(-) Capital de Giro												
(+) Liber. Financiam.												
(+) Valor Residual												
(+) Capital de Giro												
IR do Valor Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de Caixa Empr.	-50	-77,3	56,9	57,4	58,0	58,5	59,1	59,6	60,1	60,7	61,2	61,7
TMA	<b>12%</b>											
VPL	R\$ 276,44											
TIR - Excel	38,13%											
VPL - Excel	R\$ 276,44											