

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

THIAGO CESAR ARAUJO RODRIGUES

**Análise comparativa de custos de produção de chapas grossas entre o processo de
tratamento térmico convencional ou pelo processo de resfriamento acelerado**

Belo Horizonte

2016

THIAGO CESAR ARAUJO RODRIGUES

Análise comparativa de custos de produção de chapas grossas entre o processo de tratamento térmico convencional ou pelo processo de resfriamento acelerado

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Otimização de Sistemas do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista Otimização de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Laécio Galindo Trindade

Belo Horizonte

201

Rodrigues, Thiago Cesar Araújo

R696a Análise comparativa de custos de produção de chapas grossas entre o processo de tratamento térmico convencional e o processo de resfriamento acelerado./, Thiago Cesar Araújo Rodrigues. – Belo Horizonte, 2016.
43 f.: il.; 29 cm.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Ciência da Computação.

Orientador: Anderson Laércio Galindo Trindade

1. Computação. 2. Chapas de aço. 3. Altos-fornos
4. Controle de custo. 5. Laminação (Metalurgia) I.
Orientador. II. Título.

CDU 519.6*61 (043)




UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

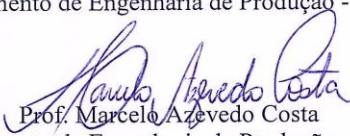
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM OTMIZAÇÃO DE SISTEMAS: ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
GESTÃO INDUSTRIAL

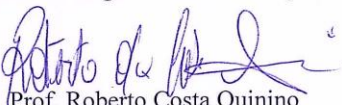
ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE PRODUÇÃO DE CHAPAS GROSSAS ENTRE O
PROCESSO DE TRATAMENTO TÉRMICO CONVENCIONAL E O PROCESSO DE
RESFRIAMENTO ACELERADO

Thiago Cesar Araújo Rodrigues

Monografia apresentada aos Senhores:


Prof. Anderson Laécio Galindo Trindade - Orientador
Departamento de Engenharia de Produção - UFMG


Prof. Marcelo Azevedo Costa
Departamento de Engenharia de Produção - UFMG


Prof. Roberto Costa Quinino
Departamento de Estatística - UFMG

Belo Horizonte, 01 de dezembro de 2016

RESUMO

As chapas grossas podem ser produzidas por rotas alternativas de produção e continuar atendendo satisfatoriamente às especificações dos clientes. Na empresa analisada existem duas tecnologias para tratamento térmico das chapas grossas, sendo o método convencional em fornos (FTT – Fornos de Tratamento Térmico) e o método de resfriamento acelerado (CLC).

A proposta deste trabalho foi promover um estudo do custo envolvido no uso destas duas rotas distintas de produção de chapas grossas tratadas termicamente, a fim de definir qual rota de produção apresenta menor custo mantendo as especificações dos clientes. Com este estudo foi possível entender os componentes de custo envolvidos nas duas rotas de produção para um determinado material, sendo a PAM Tecnológica, Custos Extras de produção via CLC e Custos Operacionais Variáveis no Convertedor as principais componentes de custo que diferenciam as duas rotas de produção. Nas condições consideradas neste trabalho, a rota FTT apresentou menor custo por tonelada que a rota CLC.

Palavras-chave: Laminador de chapas grossas, custos, CLC, FTT.

ABSTRACT

The heavy plates can be produced by different production routes and yet continue to meet satisfactorily the customer specification. There are two technologies for heavy plate heat treatment, being the conventional route heat treatment ovens known as FTT (hornos de tratamiento térmico) and the alternative route by accelerated cooling known as CLC (continuous on line control).

This study compares the production costs of the routes described above in order to find which one has the lower costs keeping the customer specification. So that was possible to understand all costs related to both production routes for one given material highlighting the yield, CLC extra costs and BOF (Basic Oxygen Furnace) operational variable costs as the major costs that differentiate the production routes. Under this study conditions the FTT route showed lower costs per ton than CLC route.

Keywords: plate mill, costs, CLC, heat treatment ovens.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de aço bruto no Brasil.	12
Figura 2 – Fluxograma simplificado do processo siderúrgico.	15
Figura 3 – Rota de produção de chapas grossas via CLC.	18
Figura 4 – Rotas de produção de chapas grossas via FTT.	18
Figura 5 – Gráfico de Bridge de custo variável.....	39
Figura 6 – Análise de Sensibilidade da redução do custo do processo via CLC em função da redução de PAM Tecnológica no Laminador de Chapas Grossas.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Margem de contribuição por produto	23
Tabela 2 – Custos com Cargas Metálicas.....	28
Tabela 3 – Ligas Metálicas adicionadas no Convertedor.....	30
Tabela 4 – Adição de Fundentes no Convertedor.	31
Tabela 5 – Subprodutos reaproveitados no tratamento do aço líquido.	31
Tabela 6 – Custo variável no uso de equipamentos da Aciaria.....	32
Tabela 7 – Custos envolvidos no processo de lingotamento do aço.	33
Tabela 8 - Custos envolvidos no processo de acondicionamento das placas.	35
Tabela 9 - Custos envolvidos no processo de laminação de chapas grossas.....	36
Tabela 10 - Modelo de análise de custos de produção.	37
Tabela 11 - Modelo de análise de custos de produção aplicado às corridas que constituem as 1406 toneladas.....	38

LISTA DE SIGLAS

CAS-OB	Sistema de Ajuste de Composição Química e Temperatura com Sopros de Oxigênio e Injeção de Finos;
CG	Chapas Grossas;
CLC	Resfriamento Acelerado com Controle <i>On Line</i> de Temperatura;
FP	Forno Panela;
FTT	Forno de Tratamento Térmico;
PAM Tecnológica	Rendimento Metálico;
PAM Qualitativa	Rendimento de Qualidade;
LD	Tipo de Convertedor Utilizado Pela Empresa Analisada
RH	Desgaseificador à Vácuo;
Si	Silício
P	Fósforo
S	Enxofre
C	Carbono
DSS	Tesoura Lateral Dupla
DS	Tesoura Divisora
SAP	<i>Software</i> Utilizado pela Empresa Analisada

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Carepa
CA	Carga de Aço Líquido
CE	Custo do Equipamento
CM	Consumo de Material
%CP	Percentual de Carepa Gerado no Processo
CV	Custo Variável
COV	Custo Operacional Variável
IR	Índice de Recusa de Material
LM	Ligas Adicionadas para Cada Material
PD	Valor Médio de Venda do Material Desqualificado
PQ	PAM Qualitativa.
PQC	Total de Consumo de PAM Qualitativa
PQS	Custo Total de PAM Qualitativa
RM	Rendimento Metálico
%SP	Percentual de Sucata Gerada no Processo
SB	Subprodutos
PAL	Preço do Aço Líquido Calculado Pelo Modelo
VP	Quantidade de Aço Produzida na Corrida
VS	Valor em R\$/t da Sucata Comprada Pela Empresa Analisada

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	Objetivos.....	14
1.1.1	Objetivos Específicos	14
1.2	Organização deste Trabalho.....	14
2	Revisão Bibliográfica.....	15
2.1	Produção do Aço.....	15
2.1.1	Rotas de Tratamento Térmico	17
2.2	Custos de Produção e a Contabilidade de Custos Industrial.....	19
2.2.1	Classificação dos Custos.....	21
2.2.2	Custo Fixo e Custo Variável.....	21
2.2.3	Margem de Contribuição	22
2.2.4	Método das Seções Homogêneas.....	24
2.2.5	Método de Custeio Variável	25
3	Estudo de Caso.....	26
3.1	Cenário Considerado	26
3.2	Levantamento dos Custos	27
3.3	Modelo para Custos de Aço Líquido	28
3.4	Modelo de Custos da Placa Lingotada.....	33
3.5	Modelo de Custos da Placa Acondicionada.....	34
3.6	Modelo de Custos no Laminador de Chapas Grossas.....	36
3.7	Modelo de Custos FTT x CLC	36
3.8	Modelo de Custos Aplicado ao Problema.....	37
4	Conclusões	41
5	Referências Bibliográficas	42

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados estatísticos do Instituto Aço Brasil¹ o consumo aparente nacional, em maio de 2016, foi de 1,5 milhões de toneladas de produtos siderúrgicos, 15,8% menor que o mesmo mês do ano anterior. No acumulado até maio, o consumo aparente alcançou 7,4 milhões de toneladas, 25,8% menor quando comparado com o mesmo período de 2015. O instituto também divulgou que as vendas internas tiveram redução de 10,2% em relação a maio de 2015 e as vendas acumuladas no ano caíram 18,4%. As importações apresentaram queda de 45% em relação à maio de 2015 e produção brasileira de aço bruto em maio de 2016 tiveram queda de 13,2% quando comparada com o mesmo mês de 2015, como pode ser visto na Figura1. As exportações de produtos siderúrgicos em maio de 2016 tiveram crescimento de 9,2% em volume, mas queda de 24,4% em valor quando comparado a maio de 2015.

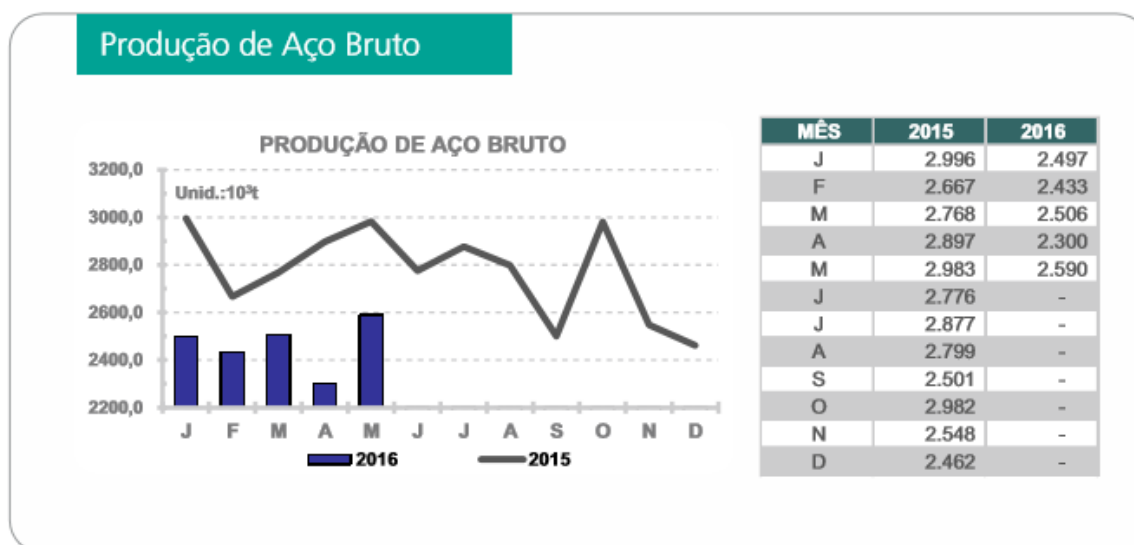


Figura 1 – Produção de aço bruto no Brasil.

Fonte: Instituto Aço Brasil.

O Instituto Aço Brasil informa que, no curto prazo, a exportação é o único caminho para melhorar o grau de utilização da capacidade instalada que hoje, é da ordem de 60%. Mas o setor convive com excedentes de capacidade produtiva internacional que

¹http://www.acobrasil.org.br/siderurgiaemfoco/Aco_Brasil_Informa_Jun16.pdf

ultrapassam 700 milhões de toneladas que levam a práticas predatórias e desleais de comércio e preços depreciados.

Frente a este cenário cada vez mais competitivo para o setor siderúrgico mundial, agravado pela redução de demanda no mercado interno e excesso de oferta principalmente do leste europeu e da Ásia, evidencia a necessidade das siderúrgicas nacionais trabalharem com foco em novos materiais e atendimento diferenciados de forma a se manterem atrativas aos clientes. Aliado a isto, e tão importante quanto, é a busca contínua pela redução de custos de produção.

Na empresa analisada, as chapas podem ser produzidas por rotas alternativas de produção e continuar atendendo satisfatoriamente às especificações dos clientes. Devido a este motivo entender os custos envolvidos nestas rotas de produção é um fator importante para garantir a produção com qualidade e menor custo.

De acordo com Machado (2003) em muitos processos de laminação a quente, muitas operações são realizadas de modo a alcançar uma temperatura final que leva as propriedades físicas desejadas no produto. Estas operações são chamadas de laminação controladas e mais recentemente, de tratamentos termo mecânicos. Na Empresa analisada existem duas tecnologias para tratamento térmico das chapas, sendo o método convencional em fornos (FTT) e o método de resfriamento acelerado (CLC).

A proposta deste trabalho foi promover um estudo do custo envolvido no uso destas duas rotas distintas de produção de chapas tratadas termicamente, a fim de definir qual linha de produção apresenta menor custo mantendo as especificações dos clientes. Com este estudo foi possível otimizar a margem de contribuição das chapas produzidas no Laminador de Chapas Grossas desta empresa.

1.1 OBJETIVOS

Em face do exposto, este trabalho tem, por objetivo geral, a análise comparativa dos custos de produção das chapas grossas tratadas termicamente, por duas diferentes rotas: i) via processo convencional através de fornos de tratamento térmico; e ii) via resfriamento acelerado com controle *on line* de temperatura.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos do trabalho, para atender à proposta de análise comparativa dos custos de produção de materiais que possuem a mesma aplicação para as duas rotas descritas anteriormente, podemos citar:

- Analisar as particularidades de consumo de matérias primas;
- Analisar as particularidades de rendimentos metálicos (PAM Tecnológica) e rendimentos de qualidade (PAM Qualitativa);
- Analisar/comparar as particularidades de custos de transformação;
- Realizar um estudo de sensibilidade da PAM Tecnológica no custo por tonelada na rota CLC.

1.2 ORGANIZAÇÃO DESTE TRABALHO

No Capítulo 2 são apresentados os conceitos base para a realização deste trabalho, incluindo aspectos da produção do aço, das rotas de tratamento térmico disponíveis, bem como conceitos fundamentais da contabilidade de custos. No Capítulo 3 é apresentado o estudo de caso que é tema desta pesquisa, os levantamentos dos custos em cada uma das rotas, sua estrutura de custos e os resultados obtidos para as duas rotas. No Capítulo 4 são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho com o uso da ferramenta desenvolvida para a análise de custos das rotas de tratamento térmico na empresa analisada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUÇÃO DO AÇO

Em uma moderna indústria siderúrgica integrada, o processo que vai das matérias-primas ao produto final é constituído pelas seguintes etapas principais: extração de ferro de seu minério nos altos-fornos; a conversão do ferro gusa, produto intermediário, em aço; o lingotamento do aço líquido, de forma a solidificar em forma conveniente para as operações seguintes; e, finalmente a conformação do metal em forma de produto (Mourão, 2007). A Figura 2 mostra um fluxograma simplificado do processo siderúrgico.

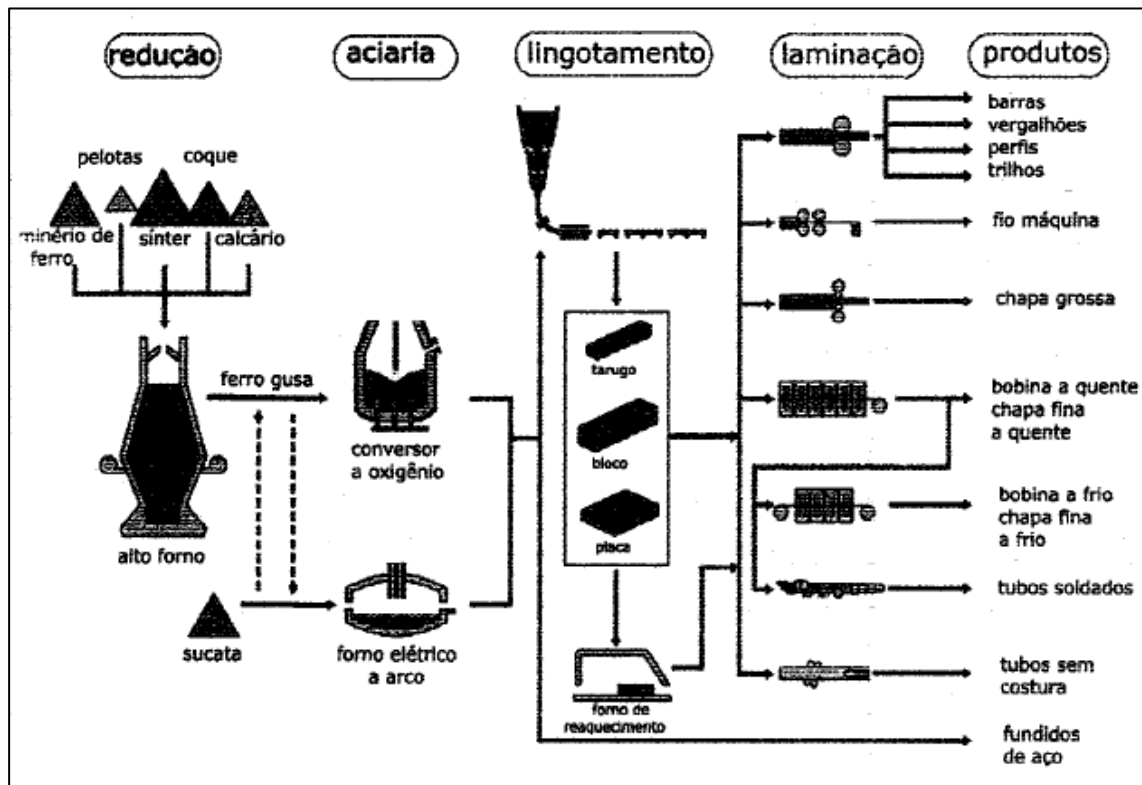


Figura 2 – Fluxograma simplificado do processo siderúrgico.

Fonte: Mourão (2007).

As principais matérias-primas utilizadas na produção do aço em usinas integradas são carvão mineral, minério de ferro, calcário, dolomita e manganês. Na empresa analisada o minério de ferro e o carvão são armazenados em pátios de matérias-primas, em seguida, eles são homogeneizados, peneirados e calibrados para uso na usina de coque e nos altos-fornos.

Na Coqueria a mistura de carvões é britada e aquecida em fornos verticais para a remoção de seus componentes voláteis. Conforme cita Mourão (2007) a mistura de carvões é enviada à Coqueria, onde sofrerá o processo de coqueificação, resultando o “coque”. Como subprodutos, têm-se substâncias carboquímicas, que são purificadas e vendidas (importante para baixar os custos dos carvões), e o gás de coqueria (GCO), que é utilizado como combustível complementar do balanço energético da usina.

Mourão (2007) cita que a sinterização é um processo de aglomeração dos minérios de ferro que emprega o chamado *sinter feed*, minério com granulometria entre 0,1 a 9,5mm. Estas matérias-primas são misturadas e acomodadas em esteiras móveis, que na sua parte inicial possuem fornos de ignição, que dão início à combustão do coque e antracito da mistura. A seguir, por meio de sucção do ar, a combustão da mistura é mantida até sua queima total, quando também as partículas da mistura de minério de ferro fino e outras adições passam por uma fusão superficial, aglomeram-se e formam um bolo. Após britado e peneirado, este bolo vai produzir o sinter bitolado em dimensões adequadas para o uso nos altos-fornos, em conjunto com as pelotas de minério de ferro e o coque.

O alto forno é um tipo de forno de cuba empregado na produção de ferro gusa, pela fusão redutora de minérios de ferro em presença de carvão vegetal ou coque e fundente, os quais são carregados no topo e, na descida, são transformados pela ação dos gases ascendentes, provenientes da combustão do carvão com o oxigênio soprado pelas ventaneiras, obtendo-se escória e ferro gusa líquido pelo cadinho e poeiras e gases no topo. O ferro gusa é o principal produto e o gás de topo, pó e escória, são recuperados como subprodutos (Machado, 2003).

O ferro gusa, antes de ir para a Aciaria, sofre pré-tratamentos específicos como de dessiliciação, desfosforação e dessulfuração, para minimizar a presença de Si, P e S, e com isso facilitar o processo de produção de aços com maior nível de qualidade (Mourão, 2007).

Na aciaria, o ferro gusa líquido, em conjunto com a sucata de ferro gusa comprada, sucata de aço, além de outros aditivos em pequeno volume como minérios de manganês, níquel e alumínio, após serem carregados no convertedor, são submetidos ao sopro de oxigênio que efetua a combustão do carbono do ferro gusa reduzindo assim o seu teor na liga ferro-carbono, e gerando calor para fundir as sucatas e outros aditivos. A liga com menos de 2% de carbono denomina-se aço. Mourão (2007) cita que o processo consagrado nas usinas integradas, atualmente, é a conversão do ferro gusa pelo processo a oxigênio

(processo LD), no qual o ferro gusa é oxidado, controladamente por um fluxo de oxigênio lançado diretamente à superfície do banho, através de uma lança, por onde o fluxo de oxigênio atinge velocidade acima da do som.

Nas Aciarias, ocorre o lingotamento contínuo, onde o aço líquido é depositado para solidificação em mesas de rolos com sistemas de resfriamento especiais. Mourão (2007) cita que o Lingotamento Contínuo foi uma grande conquista do setor de Aciaria, além de minimizar problemas de superfície dos lingotes, já apresenta uma geometria de placa, pronta para a Laminação, sem passar pelo processo de laminação de desbaste, a placa é obtida diretamente no processo. Dessa forma, o ferro gusa líquido transforma-se em aço e o aço pode então ser refinado de acordo com as especificações padrão ou exigências dos clientes. A placa obtida no lingotamento contínuo é a matéria prima para duas classes de produtos comerciais: chapa grossa (chapa com espessura superior a 6 mm); bobinas ou chapas finas (que podem ser a quente e a frio).

No processo de laminação a quente o material é aquecido até uma temperatura de encharque, realizando a sua austenitização, a seguir deformações programadas são impostas nas etapas de desbaste e acabamento, e finalmente, um resfriamento controlado deste (Machado, 2003).

Na linha de Laminação a Quente de Chapas Grossas da empresa analisada, as placas são reaquecidas nos fornos e então processadas no laminador para redução da espessura das placas de 250 mm para espessuras que variam de 6,00 a 150,00 mm, larguras entre 900 e 3.900 mm e comprimentos de 2.400 até 18.000 mm. Esses aços podem ser produzidos por meio de laminação convencional, laminação controlada ou laminação controlada com resfriamento acelerado.

2.1.1 ROTAS DE TRATAMENTO TÉRMICO

Segundo Machado (2003) inicialmente, as operações de laminação tinham como único objetivo atender as dimensões desejadas do laminado. Entretanto, desde os anos 50, tem-se percebido que tanto a temperatura final do laminado após o último passe, quanto o grau de redução aplicados no mesmo afetam significativamente as propriedades físicas do produto.

A laminação controlada ou tratamentos termomecânicos são uma série de tratamentos térmicos e de deformações plásticas de modo a se alcançar as melhores propriedades mecânicas dos aços. O processo de laminação controlada permite que se

alcance as propriedades desejadas com menos quantidades de elementos de liga no aço do que as necessárias no processo de laminação à quente convencional (Machado, 2003).

Após a laminação a quente, o material é sujeito a um resfriamento combinado de ar e água. Na laminação controlada é observada uma forte relação entre as mudanças microestruturais e as propriedades mecânicas do aço durante a laminação à quente e no resfriamento dos aços. Segundo Machado (2003) o tamanho do grão de ferrita será afetado por:

- Temperatura final de laminação;
- Atraso de tempo entre a laminação e o início do resfriamento com água;
- Velocidade de resfriamento.

Gorni (2006) cita o aumento do uso de chapas grossas submetidas ao resfriamento acelerado na construção civil, tubos de grande diâmetro e construção naval. A aplicação do resfriamento acelerado permite manter baixos os teores de Carbono e demais elementos de liga, facilitando sobremaneira sua soldagem, processo extremamente oneroso que pode responder por mais de 50% dos custos totais de um navio.

Baseado nestes princípios as linhas de laminação e acabamento de chapas grossas da empresa analisada, possuem setores de tratamentos térmicos que podem ser da maneira convencional via fornos de tratamento térmico (FTT) ou via resfriamento acelerado com controle on line de temperatura (CLC).

As Figuras 3 e 4 mostram o fluxo de produção de cada uma das duas rotas na laminação de chapas grossas.

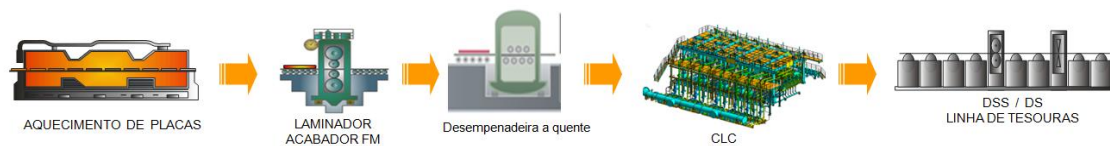


Figura 3 – Rota de produção de chapas grossas via CLC.

Fonte: Documentos internos da empresa analisada.



Figura 4 – Rotas de produção de chapas grossas via FTT.

Fonte: Documentos internos da empresa analisada.

Segundo Machado (2003) estudos têm sido feitos no sentido de se desenvolver modelos que levem em consideração propriedades físico-químicas e metalúrgicas do aço e também variáveis operacionais, com o objetivo de se otimizar o processo de laminação. O controle das propriedades mecânicas do aço durante a laminação contribui para a redução de custos devido a menor necessidade de adição de elementos de liga no refino do aço e redução de tratamentos térmicos posteriores, visando melhorar suas propriedades mecânicas. O estudo proposto neste trabalho concentra-se na análise de custos de produção envolvidos caso as chapas sejam produzidas via FTT ou CLC.

2.2 CUSTOS DE PRODUÇÃO E A CONTABILIDADE DE CUSTOS INDUSTRIAL

Independente de qual ramo industrial ou tipo de produto é de grande importância, e usual, que as empresas dediquem esforços para controle dos custos de produção nos processos. A forma e detalhe como este controle é tratado é fator essencial para garantir competitividade da empresa no mercado.

Em empresas de grande porte com diversas unidades, vários produtos e opções diversas de linhas de produção, a análise de custo de cada rota de produção é fator decisório no momento da alocação da produção demandada pelo mercado.

O cálculo de custos de produção deve ser feito mediante análise e levantamento de dados de consumo de matéria prima em cada equipamento ao qual o material é submetido. Desta forma rotas diferentes de produção usam equipamentos diferentes e até consumo diferenciado de matérias primas. Todos estes custos devem ser analisados para se chegar ao custo total da produção de determinado material em cada rota. Dentro desta proposta o presente trabalho propõe análise dos custos envolvidos na produção das chapas grossas tratadas termicamente por duas rotas sendo elas:

- Processo convencional através de fornos de tratamento térmico;
- Resfriamento acelerado com controle *on line* de temperatura.

Existem diversas abordagens de custos dentro da Administração da Produção, mas o levantamento dos mesmos não é uma atividade trivial e requer conhecimento do processo e contato constante com a área que está sendo analisada. Todo conhecimento de custos aplicados a uma área deve ser periodicamente revisados a fim de confirmar sua veracidade e se não houve alterações nestes valores devido a mudanças no processo produtivo ou no custo das matérias primas.

Martins (2010, p. 22) ressalta que com o significativo aumento de competitividade que vem ocorrendo na maioria dos mercados, sejam industriais, comerciais ou de serviços, os custos tornam-se altamente relevantes quando da tomada de decisões em uma empresa.

Segundo Borna (2010), numa empresa que fabrica apenas um produto, o cálculo de custos e o controle de desempenho são relativamente simplificados, dada a própria simplicidade do processo produtivo. Todavia, em empresas multiprodutoras, a situação não é tão simples, pois a produção de um período não pode ser simplesmente somada. Nesse caso, existe um composto de produtos existentes (*product mix*) que não pode ser comparado com a combinação obtida em outros períodos. A solução citada pelo autor para contornar este problema é a utilização de procedimentos como o método das seções homogêneas.

Embora seja usado na empresa a adoção de centros de custos o presente trabalho não propõe fornecer informações para atender à legislação do imposto de renda, mas sim atender às necessidades gerenciais da organização. Portanto, neste âmbito, a proposta é usar o método de custeio variável e a teoria das restrições para determinar parâmetros importantes como custo fixo, custo variável e margem de contribuição em cada processo a fim de determinar qual apresenta menor custo para cada tipo de produto.

Abbas, Gonçalves e Leoncine (2012) citam um estudo, com a aplicação do custeio variável e a contabilidade de ganhos da teoria das restrições na gestão de custos em cadeia de suprimentos, no qual obtiveram os mesmos valores de margem de contribuição ou ganho unitário. Nesse caso, o custeio variável fornece a margem de contribuição total em cada elo da cadeia, enquanto a teoria das restrições considera o fluxo dos produtos na cadeia para determinar o ganho total, desconsiderando os inventários que possam existir ao longo da mesma. Sendo assim, os autores observam que a teoria das restrições complementa a proposta de uso do custeio variável na medida em que considera o fluxo na cadeia de suprimentos para determinar o ganho. Os autores também citam estas abordagens como as mais encontradas nos periódicos para abordagem em indústrias exportadoras e com grande número de filiais. Portanto, estas abordagens serão interessantes de serem estudadas para o problema proposto neste trabalho.

Existem diversas classificações e nomenclaturas de custos, vamos explicar alguns conceitos importantes para o presente trabalho que são custos diretos, indiretos, fixos e variáveis.

2.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS

Empresas de grande porte, como é o caso da empresa analisada, possuem grandes quantidades de máquinas, funcionários e vários tipos de produtos. Cada um destes agentes que fazem parte do processo geram custos diversos para a empresa. A classificação de Direto é com relação ao produto feito ou serviço prestado, e não à produção no sentido geral ou aos departamentos dentro da empresa.

Alguns custos podem ser diretamente apropriados aos produtos, bastando haver uma medida de consumo (quilogramas de materiais consumidos, embalagens utilizadas, horas de mão-de-obra utilizada e até quantidade de força consumida). São os **Custos Diretos** com relação aos produtos. (MARTINS, 2010, grifo do autor)

Outros realmente não oferecem condição de uma medida objetiva e qualquer tentativa de alocação tem de ser feita de maneira estimada e muitas vezes arbitrária (como o aluguel, a supervisão, as chefias etc.). São os **Custos Indiretos** com relação aos produtos. (MARTINS, 2010, grifo do autor)

Quanto à mão de obra, Martins (2010) cita que:

“Com respeito especificamente à mão-de-obra, entendemos então o que seja Direta e Indireta; aquela diz respeito ao gasto com pessoal que trabalha e atua diretamente sobre o produto que está sendo elaborado; a outra, a Indireta, é a relativa ao pessoal de chefia, supervisão ou ainda atividades que, apesar de vinculadas à produção, nada têm de aplicação direta sobre o produto: manutenção, prevenção de acidentes, Contabilidade de Custos, programação e controle da produção etc.” (MARTINS, 2010, p.32-33)

Os custos quanto à sua natureza também podem ser classificados como explícitos ou ocultos (implícitos). Custos ocultos são aqueles não vistos facilmente ao analisar um processo, como exemplo pode citar absenteísmo, acidente de trabalho, rotatividade de pessoal, não qualidade e variação da produtividade direta.

2.2.2 CUSTO FIXO E CUSTO VARIÁVEL

Outra classificação usual (e mais importante que todas as demais) é a que leva em consideração a relação entre o valor total de um custo e o volume de atividade numa unidade de tempo. Divide basicamente os Custos em Fixos e Variáveis. (MARTINS, 2010)

Custos Fixos independem da quantidade produzida como gastos com aluguel, mão-de-obra, contas de telefone, despesas com energia entre outras. Custos Variáveis dependem

da quantidade produzida, como custo de matéria prima, quanto mais produtos são produzidos maior será o gasto, e este gasto é facilmente calculado para uma unidade ou lote de produto.

Martins (2010) subclassifica os Custos Fixos em Repetitivos e Não-repetitivos em valor, isto é, custos que se repetem em vários períodos seguintes na mesma importância (caso comum do pessoal da chefia da fábrica, das depreciações etc.) e custos que são diferentes em cada período (manutenção, energia, locais com variação no aluguel etc.).

Guerreiro (2011, p.59) identifica quatro características dos custos e despesas fixas: (1) são indiferentes às oscilações do volume de produção e vendas; (2) são identificados objetivamente com a estrutura da empresa; (3) são expressos em valores totais por período de tempo; e (4) dependem das decisões do passado.

Guerreiro (2011, p.58) afirma que custos variáveis possuem as seguintes características: (1) variam em função do volume de produção e vendas; (2) são identificados objetivamente com a unidade de produto e (3) são expressos em valores unitários.

A classificação em Fixos e Variáveis leva em consideração a unidade de tempo, o valor total de custos com um item nessa unidade de tempo e o volume de atividade. Não se trata, como no caso da classificação de Diretos e Indiretos, de um relacionamento com a unidade produzida. (MARTINS, 2010)

Para Martins (2010), a consideração dos custos fixos na composição do valor de um bem ou serviço não é de grande utilidade para fins de análise gerencial, uma vez que esses custos existem, independentemente se o volume de produção ou de prestação de serviço ocorrer, e são distribuídos aos bens ou serviços por meio de critérios de rateio, que incluem, em maior ou menor grau, arbitrariedade. Além disso, há relação desses custos fixos com o volume de produção, ou seja, aumentando-se o volume produzido, tem-se um menor custo fixo por unidade e vice-versa. Então deve-se tomar cuidado ao usar custo fixo em determinadas análises, pode inferir erros devido a rateios.

Portanto, para determinadas análises os custos fixos chegam a ser plenamente relegados a segundo plano, ou simplesmente abandonados.

2.2.3 MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO

Toda e qualquer parcela de Custo Fixo que queiramos imputar a um produto não será existente apenas se houver a produção e venda desse produto existirá independente

dele. De que adianta então ficarmos imputando para cada unidade de cada produto uma parcela do Custo Fixo? Essa parcela dependerá da quantidade de produto e da forma de rateio, e não de cada unidade em si. Para contornar este problema surge o conceito de Margem de Contribuição. (MARTINS, 2010)

A Tabela 1 mostra uma situação de cálculo da Margem de contribuição.

Tabela 1 – Margem de contribuição por produto.

	Custo Direto Variável	Custo Indireto Variável	Custo Variável Total	Preço de Venda	Margem de Contribuição
Produto L	\$700	\$80	\$780	\$1550	\$770/un.
Produto M	\$1.000	\$100	\$1100	\$2000	\$900/un.
Produto N	\$750	\$90	\$840	\$1700	\$860/un.

Fonte: MARTINS, 2010, p.128

A Margem de Contribuição multiplicada pelas quantidades vendidas e somada à dos demais, constitui a Margem de Contribuição Total, que no problema proposto por este trabalho será computada por cada produto em duas rotas distintas de produção. Desse montante, deduzindo os Custos Fixos, chegamos ao Resultado, que pode ser então o Lucro obtido em cada rota de produção para cada tipo de produto.

O fundamental é que, verificando o Quadro 1, notamos que o produto de maior custo variável foi o que apresentou maior margem de contribuição, isto em função do seu maior preço de venda. O produto que mais contribui por unidade para a empresa é o M, seguido pelo N e, finalmente, pelo L. Cada unidade de M provoca de fato uma “sobra” de \$900, diferença entre receita e custo variável. Este cálculo será obtido por cada produto em cada linha, assim teremos a linha que apresenta melhor margem de contribuição para cada produto, com isso, teremos uma análise bastante sólida dos custos envolvidos no processo de Laminação de Chapas Grossas.

No exemplo apresentado por Martins (2010, p.128) Se existe um produto que deva ter sua venda incentivada é o M, que tem a maior Margem de Contribuição por Unidade.

Fazendo esta análise no problema proposto por este trabalho saberemos qual a linha provoca maior margem de contribuição a cada produto, já que as rotas são alternativas.

2.2.4 MÉTODO DAS SEÇÕES HOMOGÊNEAS

Empresas multiprodutos de grande porte como a empresa a qual este trabalho se aplica, tem a divisão em centros de custos. Segundo o método das seções homogêneas (RKW - *Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit*) tem como principal característica a divisão da empresa em centros de custos. Os custos são alocados aos centros por intermédio de bases de distribuição e, em seguida, repassados aos bens ou serviços por unidade de trabalho. (ABBAS, K.; GONÇALVES, M. N.; LEONCINE, M., 2012)

Para Bornia (2010), os centros de custos são determinados levando-se em conta: o organograma da empresa, considerando que cada setor pode ser um centro de custos; a localização, quando partes da empresa encontram-se em locais diferentes, sendo que cada local pode ser um centro de custos; as responsabilidades, que são conferidas a cada gerente podem ser centros de custos; e a homogeneidade, que influencia diretamente na qualidade da alocação dos custos aos bens ou serviços.

A divisão em centros de custo apresenta a desvantagem de não distinguir custos fixos de custos variáveis. Esse método ainda apresenta algumas dificuldades de aplicação, como no momento de encontrar o custo do produto no cotidiano e de encontrar as despesas operacionais diárias unitárias. Por fim, o método das seções homogêneas não é aceito pela legislação. (ABBAS, K.; GONÇALVES, M. N.; LEONCINE, M., 2012)

Na abordagem destas desvantagens é que o presente trabalho toma importância, embora a empresa analisada adote centros de custos como forma de gerenciar os custos de produção, este trabalho busca apresentar um estudo de algumas partes do processo produtivo, sendo elas Aciaria e Laminação de Chapas Grossas, fazendo estudo do custo de produção baseado em métodos científicos, a fim de evitar tomadas de decisão baseadas em conhecimento vulgar (senso comum) e priorizar o apoio às decisões gerenciais em conhecimento científico.

Martins (2010) aborda esta questão da visão gerencial de custos em seu livro, onde ele cita que:

“É importante ser lembrado que essa nova visão por parte dos usuários de Custos não data de mais que algumas décadas, e, por essa razão, ainda há muito a ser desenvolvido. É também importante ser constatado que as regras e os princípios geralmente

*aceitos na Contabilidade de Custos foram criados e mantidos com a finalidade básica de avaliação de estoques e não para **fornecimento de dados à administração**. Por essa razão, são necessárias **certas adaptações** quando se deseja desenvolver bem esse seu outro potencial; potencial esse que, na grande maioria das empresas, é mais importante do que aquele motivo que fez aparecer a própria Contabilidade de Custos.” (MARTINS, 2010, p.15, grifo nosso)*

2.2.5 MÉTODO DE CUSTEIO VARIÁVEL

No custeio variável (estruturado para atender à administração da empresa) apenas os custos variáveis (que são os que variam de acordo com o volume de produção ou de acordo com alguma outra base estabelecida) irão compor o custo do objeto de custeio (bens ou serviços), sejam diretos ou indiretos. (MERGLIORINI, 2012)

No custeio variável, só são alocados aos produtos os custos variáveis, ficando os fixos separados e considerados como despesas do período. (MARTINS, 2010)

O custeio variável pressupõe que, para uma organização funcionar, deve já estar comprometida com os custos fixos, os quais não serão alterados, caso ocorra aumento ou diminuição da produção, ou, ainda, caso não haja produção. Assim, uma vez que a estrutura fixa da organização já está preparada para atender aos clientes, a decisão relevante está relacionada com os custos variáveis. (ABBAS, K.; GONÇALVES, M. N.; LEONCINE, M., 2012)

A partir do custeio variável, é possível obter a margem de contribuição. A margem de contribuição calculada pelo custeio variável possibilita incorrer na análise do custo/volume/lucro, que auxilia na avaliação dos resultados quanto às metas estabelecidas. Sob essa análise, obtém-se o ponto de equilíbrio que representa uma importante ferramenta de gestão de resultados operacionais de uma organização. Ele expressa o nível de atividades em que o resultado operacional da empresa é zero, no qual ocorre, portanto, a igualdade entre receita total e o custo total. (ABBAS, K.; GONÇALVES, M. N.; LEONCINE, M., 2012)

3 ESTUDO DE CASO

Com já foi apresentado, a proposta deste trabalho concentra-se em um problema de análise de custos ocorrido na empresa analisada. A motivação para análise vem da existência de duas rotas possíveis de produção: FTT (fornos de tratamento térmico) e CLC (método de resfriamento acelerado). Saber a rota mais viável em termos de custo para cada tipo de produto é crucial para a competitividade no mercado. Por questão de confidencialidade de informação, fatores foram aplicados aos dados numéricos que são apresentados neste trabalho e alguns custos foram categorizados como “extras”. Porém, tais fatores não alteram a decisão sobre a melhor rota.

Foram escolhidos tipos de aço produzidos para atender a mesma aplicação pelas duas rotas de processamento na Laminação de Chapas Grossas a serem estudadas. Após esta seleção, inicia-se o estudo das particularidades de cada rota de produção para cada tipo de material, desde o processo de Aciaria até a saída do produto acabado na linha de Laminação de Chapas Grossas.

Serão analisados todos os aspectos que impactam no custo de produção destes, com ênfase nos elementos diferenciais de custo. Para a Aciaria serão considerados como diferenciais: composição de carga metálica, consumo de ligas metálicas, consumo de fundentes e escorificantes, geração de subprodutos, rendimento metálico (PAM Tecnológica), rendimento de qualidade (PAM Qualitativa), rota de produção, produtividade. Para a Laminação de Chapas Grossas serão considerados como diferenciais: rendimento metálico (PAM Tecnológica), rendimento de qualidade (PAM Qualitativa), geração de subprodutos, rota de produção, produtividade.

3.1 CENÁRIO CONSIDERADO

Durante o período considerado nesta análise, foram produzidas 1406 toneladas de chapas grossas em atendimento a pedidos de clientes, e para estes pedidos foram usados o processo de normalização em fornos.

De acordo com a decisão sobre o processo de tratamento térmico na linha de Laminação de Chapas Grossas muda também a composição de ligas metálicas adicionadas à placa em processos de produção anteriores à laminação, por este motivo temos que fazer a pesquisa de custos desde a etapa do tratamento do aço na Aciaria até chegar à laminação.

As etapas de produção da placa antes de chegar ao laminador foram descritas no item 2.1 deste trabalho.

Durante o tempo do tratamento do aço no convertedor são adicionadas ligas e cargas metálicas que mudam se o aço for destinado ao processo de tratamento térmico em fornos ou pelo processo de resfriamento acelerado. Portanto, vemos alterações no consumo de cargas metálicas, ligas, fundentes e variações nos usos dos equipamentos que serão detalhados nos capítulos posteriores deste trabalho.

3.2 LEVANTAMENTO DOS CUSTOS

Obter os custos de produção dentro de uma cadeia produtiva não é tarefa simples de ser concluída. É necessário envolver diversos responsáveis por cada etapa, fazer o acompanhamento da produção, identificar fontes de custos envolvidas e fazer verificação das informações recebidas.

São envolvidos durante este procedimento diversos sistemas de aquisição de informações da planta industrial como os sistemas da SAP² e informações de banco de dados de histórico de produção da empresa analisada.

Para este trabalho foram levantados os custos por processo de produção ao qual o aço foi submetido e, dependendo da escolha do processo de tratamento térmico na Laminação de Chapas Grossas, há também diferenças na preparação das placas em processos anteriores à laminação.

Os seguintes grupos de custo foram levantados:

- Custo do aço líquido com as cargas metálicas, ligas, fundentes, geração de subprodutos e custos variáveis dos equipamentos usados para cada tipo de aço;
- Custo da placa lingotada com as respectivas perdas metálicas (PAM Tecnológica) e geração de subprodutos.
- Custos da placa acondicionada com as perdas PAM Tecnológica, PAM Qualitativa e geração de subprodutos.

² A SAP AG é uma empresa alemã, líder no segmento de *software* corporativos, como os sistemas integrados de gestão empresarial (ERP)

- Custo no laminador de chapas grossas com seus respectivos custos operacionais variáveis e custos por perdas PAM Tecnológica, PAM Qualitativa e geração de subprodutos.
- E custos extras caso as chapas sejam processadas via CLC.

3.3 MODELO PARA CUSTOS DE AÇO LÍQUIDO

O levantamento de custos de aço líquido engloba todo processo de produção do aço na Aciaria. Este processo inicia no carregamento do convertedor LD com o ferro gusa produzido nos altos fornos, sucatas, ligas metálicas e fundentes. Para cada tipo de aço produzido o percentual de carga sólida, os tipos e quantidades de ligas metálicas e fundentes são distintos, portanto, cada aço tem suas particularidades, tanto no que diz respeito ao processo, quanto em suas composições químicas. Entretanto, o que torna esta etapa muito importante para nossa análise é que para um aço com rota de tratamento térmico, projetado para atendimento a um pedido de cliente, têm-se diferentes formas de processo na Aciaria, caso seja destinado ao processo de tratamento térmico em fornos ou pelo processo de resfriamento acelerado.

Durante o tratamento do aço no convertedor existem custos com cargas metálicas, ligas metálicas, fundentes, geração de subprodutos e demais custos variáveis dos equipamentos usados para cada tipo de aço. O custo fixo não será um fator importante em nossa análise uma vez que estamos em busca da margem de contribuição de cada produto. Portanto o custo variável será nosso foco de pesquisa.

A Tabela 2 mostra o consumo, preço e custo com cargas metálicas para chapas destinadas ao processo de tratamento térmico em fornos (FTT) e caso seja destinada ao processo de resfriamento acelerado (CLC).

Tabela 2 – Custos com Cargas Metálicas.

Conceito	Ud.	FTT			CLC		
		Consumo ud/t	Preço R\$/t	Custo R\$/t	Consumo ud/t	Preço R\$/t	Custo R\$/t
AÇO LÍQUIDO							
Carga Metálica Conv.	kg	1037,7	549	570	1034,2	554	573
Gusa líquida	kg	867,5	570	495	898,2	570	512
Aço\Gusa Recirculado	kg	54,9	417	23	11,1	417	5
Gusa Próprio	kg	0,0	501	0	0,0	501	0
Sucata Aço Próprio	kg	115,2	450	52	125,0	450	56
Sucata adquirida	kg	0,0	539	0	0,0	539	0
Sucata Gusa Adquirida	kg	0,0	675	0	0,0	675	0

Fonte: Autor.

A primeira linha representa a totalização dos componentes de custo apresentados na sequência nas tabelas. Planilhas de banco de dados trarão informações do histórico com valores médios do consumo dos componentes de carga metálica para todos os tipos de aços, sendo possível diferenciar os consumos de cargas metálicas para os aços tratados termicamente via FTT ou via CLC.

A Tabela 3 mostra os custos com Ligas Metálicas adicionadas durante a produção do aço líquido no Convertedor. Na primeira linha serão somados os custos obtidos no consumo de cada material. Estes consumos mudam para cada tipo de aço, portanto será feito um levantamento da média ponderada de consumo de cada material para este tipo de aço nos últimos 12 meses. A ponderação dos valores é necessária, pois cada corrida possui uma quantidade diferente de aço. A equação (1) mostra o cálculo de média ponderada usado.

$$LM = \frac{\sum_i CM_i * VP_i}{\sum_i VP_i} \quad (1)$$

em que:

- LM representa o cálculo das ligas adicionadas para cada material.
- i representa corridas feitas nos últimos 12 meses do aço escolhido.
- CM é o material consumido, que será cada um dos materiais presentes nas linhas da Tabela 2, dado em unidade por tonelada.
- VP é a quantidade de aço produzida na corrida, dado em toneladas.

Tabela 3 – Ligas Metálicas adicionadas no Convertedor.

Conceito	Ud.	FTT			CLC		
		Consumo	Preço	Custo	Consumo	Preço	Custo
		ud/t	R\$/t	R\$/t	ud/t	R\$/t	R\$/t
Ligas	kg	19,2	6440	124	18,8	4819	91
Aluminio Granulado, Esferas D7 a 13mm	kg	0,1	4294	0	0,1	4294	0
Aluminio Lingote Al> ou =96%	kg	0,1	4447	0	0,0	4447	0
Aluminio Gotao Al>ou =96%	kg	2,2	4428	10	2,9	4428	13
Aluminio Fio D 9,52mm(Jumbo Coil)	kg	0,0	6013	0	0,0	6013	0
Carbono Ligas	kg	0,2	4145	1	0,1	4145	0
Ferro Calcio fio horizontal D 13mm	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Ferro Calcio Silicio horizontal D 13mm	kg	0,0	6175	0	0,0	6175	0
Ferro Calcio Silicio Fio D Vertical D13mm	kg	0,4	6292	3	1,3	6292	8
Coque petroleo 4,70 a 12,70mm	kg	0,0	1445	0	0,0	1445	0
Ferro Calcio Alumio Fio (pos vertical)	kg	0,0	9632	0	0,0	9632	0
Ferro Calcio Alumio Fio (Pos Horiz)	kg	0,0	9359	0	0,0	9359	0
Ferro Calcio	kg	0,0	46901	0	0,0	46901	0
Coque Metalurgico	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Small Coque	kg	0,0	472	0	0,0	472	0
Coque calcinado peletizado 14x6mm	kg	0,6	625	0	0,5	625	0
carbono Granulado Granul 2,77mm	kg	0,0	4240	0	0,0	4240	0
Ferro Cromo Baixo carbono	kg	0,0	6749	0	0,0	6749	0
Niquel 100x100mm	kg	0,4	57377	21	0,0	57377	0
Ferro Cromo Alto Carbono	kg	0,0	2065	0	0,0	2065	0
Ferro Niobio Granulometria 5a 30mm	kg	0,4	46039	16	0,1	46039	4
Niquel Eletrolitico Aparas 50x900mm	kg	0,1	54744	7	0,0	54744	0
Ferro Titania granulometria 2,83 a 12,70mm	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Ferro Molibdenio 60% - 65%	kg	0,0	31162	0	0,0	31162	0
Ferro Fosforo Granulometria 20 a 40mm	kg	0,0	1511	0	0,0	1511	0
Ferro Titania Granulometria 10 a 60mm	kg	0,0	6012	0	0,0	6012	0
Sucata Cobre Recuperada	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Ferro Boro Granulometria 5 a 25mm	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Ferro Niobio Briquete 45x35x25mm	kg	0,1	43588	5	0,1	43588	4
Ferro Vanadio Granulometria 10 a 50mm	kg	0,0	43481	0	0,0	43481	0
Ferro Boro Granulometria 10 a 40mm	kg	0,0	9488	0	0,0	9488	0
Ferro Boro Granulado	kg	0,0	10466	0	0,0	10466	0
Ferro Titania Granulometria 10 a 60mm	kg	0,7	6012	4	0,5	6012	3
Sucata Cobre Presada Cu> ou=99%	kg	0,0	10316	0	0,0	10316	0
Ferro Manganes Medio Carbono Alta Pureza	kg	1,5	3525	5	0,7	3525	2
Ferro Silicio Manganes Granulometria 10 a 40mm	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Ferro MN AC Alto Fosforo 10 a 50mm	kg	2,7	2705	7	0,0	2705	0
Ferro Manganes Médio Carbono Baixo Fosforo	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Manganes Eletrolitico Briquetado	kg	0,5	7936	4	0,6	7936	5
Ferro Manganes Medio Carbono Importado	kg	5,6	4522	25	8,8	4522	40
Ferro Silicio Manganes Baixo Fosforo	kg	0,0	2354	0	0,0	2354	0
Ferro Silicio Baixo Carbono Gran 10 a 50mm	kg	3,3	3530	12	2,8	3530	10
Ferro Silicio Baixo Carbono Gran 10 a 30mm	kg	0,2	3434	1	0,4	3434	1
Aluminato Calcio <=1465GC 2950-3100KGM3	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Ferro Silicio Magnesio Gran 10 a 30mm	kg	0,0	0	0	0,0	0	0

Fonte: Autor.

A Tabela 4 mostra o levantamento de custos com adição de fundentes no convertedor, sendo a primeira linha a soma dos consumos de fundentes das linhas abaixo. Para saber o consumo de cada fundente para determinado tipo de aço é feita uma média ponderada do consumo de cada fundente nas corridas feitas com este tipo de aço nos últimos 12 meses. O cálculo para fundentes também é o mesmo mostrado na equação (1), mas aplicado aos diversos materiais usados como fundentes.

Tabela 4 – Adição de Fundentes no Convertedor.

Conceito	Ud.	FTT			CLC		
		Consumo	Preço	Custo	Consumo	Preço	Custo
		ud/t	R\$/t	R\$/t	ud/t	R\$/t	R\$/t
Fundentes	kg	47,3	265	13	52,2	306	16
Cal	kg	14,5	183	3	6,1	183	1
Dol. Calcinada Adquirida	kg	8,4	174	1	12,6	174	2
Dol. Calcinada propria	kg	8,6	328	3	16,2	328	5
Escoria Sintetica	kg	0,1	641	0	0,0	641	0
Dolomita crua	kg	8,6	60	1	10,2	60	1
Sinter	kg	0,9	136	0	0,4	136	0
Calcario	kg	2,8	41	0	1,8	41	0
Cal Micropulverizada	kg	1,8	187	0	1,8	187	0
Magnésio Apassivado	kg	0,5	9105	4	0,7	9105	6
Quartzo	kg	0,6	59	0	2,3	59	0
Prod Quim. Carbureto	kg	0,0	1763	0	0,0	1763	0
Sucata Canivete	kg	0,5	567	0	0,0	567	0
Minério de Manganês Grosso	kg	0,0	101	0	0,0	101	0
Sodalita Nefelina	kg	0,0	223	0	0,0	223	0
Perlita	kg	0,0	908	0	0,0	908	0

Fonte: Autor.

A Tabela 5 mostra a geração de subprodutos durante o processo de tratamento do aço líquido. Estes subprodutos são retornados ao processo produtivo como matéria prima na produção de outros aços. Há diferentes tipos de subprodutos gerados durante o processo do aço líquido, com custos distintos e como são materiais reaproveitados no processo, este valor não entra como gasto e sim como crédito. O cálculo para custo segue os mesmos princípios apresentados na equação (1), entretanto aplicados aos materiais de subprodutos.

Tabela 5 – Subprodutos reaproveitados no tratamento do aço líquido.

Conceito	Ud.	FTT			CLC		
		Consumo	Preço	Custo	Consumo	Preço	Custo
		ud/t	R\$/t	R\$/t	ud/t	R\$/t	R\$/t
Subprodutos	kg	94,9	78	7	94,9	78	7
Lama Grossa De Aciaria	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Lama Fina De Aciaria	kg	12,8	3	0	12,8	3	0
Escória Bitolada	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Sucata De Aço Produção/ Escória Vazada	kg	10,4	248	3	10,4	248	3
Gás De Aciaria	kg	47,3	85	4	47,3	85	4
Agregado Siderúrgico	kg	16,1	2	0	16,1	2	0
Sucata aço beneficiada	kg	5,1	137	1	5,1	137	1
Sucata C Aciaria	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Sucata Cascão	kg	0,0	0	0	0,0	0	0
Carepa	kg	3,2	8	0	3,2	8	0

Fonte: Autor.

A Tabela 6 mostra o custo variável envolvido no uso de equipamentos da Aciaria. Estes dados foram levantados no SAP através de consultas dos custos variáveis por tonelada no uso de cada equipamento por onde o aço passa em um determinado período, que para o caso será utilizado média de CE dos últimos três meses de processo.

$$CE = \frac{CV}{CA} \quad (2)$$

em que:

- CE é o custo do equipamento para o aço a ser produzido, dado em R\$/t.
- CV é o custo variável de uso deste equipamento, dado em valor absoluto (R\$).
- CA é a carga do aço líquido, em toneladas, produzida pelo equipamento.

Este cálculo é feito para cada equipamento usado durante a produção do aço que está sendo analisado.

Tabela 6 – Custo variável no uso de equipamentos da Aciaria.

Conceito	Ud.	FTT			CLC		
		Consumo ud/t	Preço R\$/t	Custo R\$/t	Consumo ud/t	Preço R\$/t	Custo R\$/t
Custo de Equipamentos - Variáveis	R\$			57			84
Metalurgia Primária - Variável	R\$			44			45
Convertedores - Variável	R\$			44			45
Metalurg. Sec.-FP1 - Variável	R\$			13			39
Forno Panela - Variável	R\$			3			9
CAS-OB - Variável	R\$			1			1
RH - Variável	R\$			8			29

Fonte: Autor.

Todos estes dados de custos foram levantados junto às gerências responsáveis pelo custo da etapa de tratamento do aço líquido na Aciaria. Somando os totais de custo em cada tabela apresentada anteriormente e subtraindo o valor da tabela de subprodutos, temos o total de custos para placas destinadas ao processo de tratamento térmico em fornos (FTT) e para as placas destinadas ao processo de resfriamento acelerado (CLC). Os custos são divididos em duas categorias, sendo elas:

- Custo Operacional Variável: que é o custo variável da operação das máquinas a qual o aço passa para ser produzido, sendo portanto, os dados de custo totalizados na Tabela 6.
- Custo Variável que é o somatório do total das Tabelas 2 a 4 mais o Custo Operacional Variável da Tabela 6 menos o total de subprodutos da Tabela 5.

Então, com esta ferramenta, podemos computar os custos com o tratamento do aço líquido multiplicando o consumo calculado pela Equação 1 pelo custo do material e em seguida divide-se este valor por 1000.

3.4 MODELO DE CUSTOS DA PLACA LINGOTADA

A Tabela 7 mostra o levantamento de custos com a placa na máquina de lingotamento contínuo, este é o processo em que o aço líquido se transforma em placa para ser encaminhado ao laminador de chapas grossas.

Tabela 7 – Custos envolvidos no processo de lingotamento do aço.

Conceito	Ud.	FTT			CLC		
		Consumo ud/t	Preço R\$/t	Custo R\$/t	Consumo ud/t	Preço R\$/t	Custo R\$/t
PLACA LINGOTADA							
PAM Tecnológica	kg	1005,2	756	760	1007,1	757	762
Subprodutos PAM T	kg	(5,2)	396	(2)	(7,1)	396	(3)
Carepa	kg	(0,7)	14	(0)	(0,9)	14	(0)
Sucata	kg	(4,5)	450	(2)	(6,2)	450	(3)
Custos Operacionais Var.	R\$			46			46
Ling. Contínuo - Variável	R\$			46			46
Custo Operacional Variável	R\$			46			46
Custo Variável	R\$			804			806

Fonte: Autor.

As perdas metálicas tecnológicas (PAM Tecnológica) será uma média ponderada, nos últimos 12 meses, das perdas metálicas das corridas com o mesmo tipo de aço. O cálculo está mostrado na equação (3).

$$RM = \frac{\sum_i RM_i * VP_i}{\sum_i VP_i} \quad (3)$$

em que:

- i representa corridas feitas nos últimos 12 meses do aço escolhido.
- RM_i é o rendimento metálico da corrida i no lingotamento.
- VP_i é a quantidade de aço produzida na corrida i .

As perdas de rendimento metálico são transformadas em subprodutos sendo carepa e sucata, que entram como créditos na produção e não apenas como custo. As equações 4 e 5 mostram como este cálculo é efetuado:

$$C = \%CP * (1000 - RM) \quad (4)$$

$$S = \%SP * (1000 - RM) \quad (5)$$

em que:

- *C* representa total de carepa produzida.
- *S* representa o total de sucata produzida.
- %*CP* é o percentual de carepa gerado, que é um valor conhecido pelo pessoal de análise de processo da área devido a estudos sobre quantidade de carepa gerada por tonelada de aço produzido.
- %*SP* é o percentual de sucata gerado, que é um valor conhecido pelo pessoal de análise de processo da área.
- *RM* é o rendimento metálico calculado na equação 3.

O Custo Operacional Variável da máquina de lingotamento contínuo é obtido através de consulta ao SAP por custos do uso do equipamento, por tonelada produzida, em um determinado período, que para este caso será utilizado média dos últimos três meses de processo.

O Custo Variável é dado pela equação 6:

$$CV = PAL * RM - SB + COV \quad (6)$$

em que:

- *CV* é o custo variável.
- *PAL* é o preço do aço líquido calculado.
- *SB* é o total de subprodutos gerados no processo, sendo *C + S*.
- *COV* é o custo operacional variável.

O custo é dado multiplicando o valor calculado em cada uma das equações 3, 4 e 5 pelo seu respectivo preço e em seguida dividindo por 1000, já que elas são equações que mostram o valor obtido na coluna consumo.

3.5 MODELO DE CUSTOS DA PLACA ACONDICIONADA

A Tabela 8 mostra o levantamento de custos com o acondicionamento das placas que foram lingotadas, acondicionamento de placa envolve o processo de corte de placas e escarfagem.

Tabela 8 - Custos envolvidos no processo de acondicionamento das placas.

Conceito	Ud.	Consumo	Preço	Custo	Consumo	Preço	Custo
		ud/t	R\$/t	R\$/t	ud/t	R\$/t	R\$/t
PLACA ACONDICIONADA							
PAM Tecnológica	kg	1013,2	804	815	1013,2	806	816
Subprodutos PAM T	kg	(13,2)	390	(5)	(13,2)	390	(5)
Carepa	kg	(1,8)	14	(0)	(1,8)	14	(0)
Sucata	kg	(11,3)	450	(5)	(11,3)	450	(5)
PAM Qualitativa	kg	1033,2		13	1070,2		28
Custo Operacional Variável	R\$			12			12
Custo Variável	R\$			834			851

Fonte: Autor.

Estes valores seguem os mesmos passos das equações 3, 4 e 5, porém aplicados à área de acondicionamento de placas. A PAM Qualitativa representa a queda de qualidade na Aciaria, calculada pela equação (9), com o auxílio das equações (7) e (8).

$$PQ = \frac{1}{IR} * 1000 \quad (7)$$

$$PQC = \frac{\sum_i PQ_i * VP_i}{\sum_i VP_i} \quad (8)$$

$$PQS = \left(\frac{PQC - 1000}{2} \right) * \frac{(0,2 * PD + PD - VS)}{1000} \quad (9)$$

Em que:

- VS é o valor em R\$/t da sucata comprada pela empresa analisada.
- IR é o índice de recusa de material por queda de qualidade de placa na Aciaria.
- PD é o valor médio de venda do material desqualificado, ou seja, material que não atendeu aos quesitos de qualidade e terá menor preço de venda comparado com o material qualificado.
- PQ é a PAM Qualitativa.
- PQC é o total de consumo de PAM Qualitativa dado em kg/ton.
- PQS é o custo total de PAM Qualitativa.

Custo Variável é a soma de todos os custos levantados na Tabela 7. O custo é dado multiplicando o valor calculado em cada uma das equações 3, 4 e 5 pelo seu

respectivo preço e em seguida dividindo por 1000, já que elas são equações que mostram o valor obtido na coluna consumo.

3.6 MODELO DE CUSTOS NO LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS

A Tabela 9 mostra o levantamento de custos com o processo de laminação de chapas grossas.

Tabela 9 - Custos envolvidos no processo de laminação de chapas grossas.

Conceito	Ud.	Consumo	Preço	Custo	Consumo	Preço	Custo
		ud/t	R\$/t	R\$/t	ud/t	R\$/t	R\$/t
CG							
PAM Tecnológica	kg	1016,3	834	848	1116,4	851	950
Subprodutos PAM T	kg	(16,3)	422	(7)	(116,4)	422	(49)
Carepa	kg	(1,1)	14	(0)	(7,6)	14	(0)
Sucata	kg	(15,3)	450	(7)	(108,8)	450	(49)
PAM Qualitativa	kg	1008,1		3	1008,1		3
Custos Operacionais Var.	R\$			191			142
Forno - Variável	R\$			54			51
Laminador - Variável	R\$			38			50
CLC - Variável	R\$			0			23
Linha de Tesouras - Variável	R\$			12			12
Corte a Gás - Variável	R\$			4			4
FTT - Variável	R\$			80			0
Normalização - Variável	R\$			79			0
Jateador - Variável	R\$			1			0
Ultrassom - Variável	R\$			1			1
Custo Operacional Variável	R\$			191			142
Custo Variável	R\$			1035			1046

Fonte: Autor.

Os custos de PAM Tecnológica (RM), geração de subprodutos e PAM Qualitativa (PQ), já tiveram os cálculos explicados nas equações 3 a 9, porém relativo a dados do laminador de chapas grossas.

Custos Operacionais Variáveis foram levantados no SAP fazendo consulta aos custos por tonelada do uso de cada equipamento por onde a placa a ser laminada passará em um determinado período, que para o caso será utilizado média dos últimos três meses de processo. O Custo Variável é a soma de todos os custos levantados na Tabela 9.

O custo é dado multiplicando o valor calculado em cada uma das equações 3, 4 e 5 pelo seu respectivo preço e em seguida dividindo por 1000, já que elas são equações que mostram o valor obtido na coluna consumo.

3.7 MODELO DE CUSTOS FTT x CLC

A Tabela 10 mostra o modelo total a ser preenchido para cálculo do custo de produção de determinado tipo de aço, caso seja feito via tratamento térmico em fornos

(FTT) ou resfriamento acelerado (CLC). Todas as partes que compõe o custo foram explicadas nos capítulos 3.3 a 3.6 deste documento.

Tabela 10 - Modelo de análise de custos de produção.

ANÁLISE DO CUSTO DE PRODUÇÃO FTT x CLC							
Custo Variável de Processo (R\$/t)		FTT (S385J2N, A57250I225N, ASTM57250IN, USISAR50AN)			CLC (A57250ITM, ABAH36TMS)		
		PAM Convertedor	1038 Kg/t		PAM Convertedor	1034 Kg/t	
Demanda	1,4 Kt	Carga Sólida	16,4%		Carga Sólida	13,2%	
Conceito	Ud.	Consumo	Preço	Custo	Consumo	Preço	Custo
		ud/t	R\$/t	R\$/t	ud/t	R\$/t	R\$/t
AÇO LÍQUIDO							
Carga Metálica Conv.	kg	1037,7	549	570	1034,2	554	573
Ligas	kg	19,2	6440	124	18,8	4819	91
Fundentes	kg	47,3	265	13	52,2	306	16
Subprodutos	kg	94,9	78	7	94,9	78	7
Custo de Equipamentos - Variáveis	R\$			57			84
Crédito Subprodutos	R\$			(7)			(7)
Custo Operacional Variável	R\$			57			84
Custo Variável	R\$			756			757
PLACA LINGOTADA							
PAM Tecnológica	kg	1005,2	756	760	1007,1	757	762
Subprodutos PAM T	kg	(5,2)	396	(2)	(7,1)	396	(3)
Custo Operacional Variável	R\$			46			46
Custo Variável	R\$			804			806
PLACA ACONDICIONADA							
PAM Tecnológica	kg	1013,2	804	815	1013,2	806	816
Subprodutos PAM T	kg	(13,2)	390	(5)	(13,2)	390	(5)
PAM Qualitativa	kg	1033,2		13	1070,2		28
Custo Operacional Variável	R\$			12			12
Custo Variável	R\$			834			851
CG							
PAM Tecnológica	kg	1016,3	834	848	1116,4	851	950
Subprodutos PAM T	kg	(16,3)	422	(7)	(116,4)	422	(49)
PAM Qualitativa	kg	1008,1		3	1008,1		3
Custos Operacionais Var.	R\$			191			142
Custo Operacional Variável	R\$			191			142
Custo Variável	R\$			1035			1046
Câmbio	R\$ 4,05						
Extras	R\$			0			81
Custo Variável + Extras	R\$			1035			1127

Fonte: Autor.

3.8 MODELO DE CUSTOS APLICADO AO PROBLEMA

Aplicando o modelo apresentado neste trabalho ao problema das 1406 toneladas de chapas grossas citado no item 3.1 deste documento obtivemos os resultados mostrados na Tabela 11.

Tabela 2 - Modelo de análise de custos de produção aplicado às corridas que constituem as 1406 toneladas.

ANÁLISE DO CUSTO DE PRODUÇÃO FTT x CLC					
Custo Variável de Processo (R\$/t)		FTT (S355J2N, A572501225N, ASTM572501N, USISAR50AN)		CLC (A572501TM, ABAH36TMS)	
		PAM Convertedor	1038 Kg/t	PAM Convertedor	1034 Kg/t
Demanda	1,4 Kt	Carga Sólida	16,4%	Carga Sólida	13,2%
Conceito	Ud.	Consumo	Preço	Consumo	Preço
		ud/t	R\$/t	ud/t	R\$/t
AÇO LÍQUIDO					
Custo Operacional Variável	R\$		64		95
Custo Variável	R\$		787		785
PLACA LINGOTADA					
Custo Operacional Variável	R\$		48		48
Custo Variável	R\$		851		850
PLACA ACONDICIONADA					
Custo Operacional Variável	R\$		12		12
Custo Variável	R\$		919		932
CG					
Custo Operacional Variável	R\$		230		168
Custo Variável	R\$		1205		1213
Câmbio					
Extras	R\$ 4,05		0		81
Custo Variável + Extras	R\$		1205		1294

Fonte: Autor.

A Tabela 10 nos mostra que o levantamento de custos feito para as corridas que compõe o total de 1406 toneladas apresenta os seguintes totais de custo variável:

- Custo do aço Líquido: para o aço destinado ao FTT temos um custo de 787 R\$/t enquanto aço destinado ao CLC temos um custo de 785 R\$/t.
- Custo até a Placa Lingotada: para o aço destinado ao FTT temos um custo de 851 R\$/t enquanto aço destinado ao CLC temos um custo de 850 R\$/t.
- Custo até a Placa Acondicionada: para o aço destinado ao FTT temos um custo de 919 R\$/t enquanto aço destinado ao CLC temos um custo de 932 R\$/t.
- Custo até a Chapa Grossa: para o aço destinado ao FTT temos um custo de 1205 R\$/t enquanto aço destinado ao CLC temos um custo de 1213 R\$/t. Com isto temos um ganho de custo de 8R\$/t caso o material seja produzido via FTT em relação ao CLC.
- Com adição dos custos extras temos para o aço destinado ao FTT um custo de 1205 R\$/t enquanto aço destinado ao CLC temos um custo de 1294 R\$/t. Com isto temos um ganho de custo de 89R\$/t caso o material seja produzido via FTT.

Todos estes valores de custo foram levantados para cada tipo de aço das corridas que constituem estas 1406 toneladas e com base nos cálculos explicados nos itens 3.3 a 3.7 deste trabalho.

Com o desenvolvimento do modelo, pode-se fazer uma análise diferencial dos elementos de custo das duas rotas. A Figura 5 mostra, partindo-se do custo calculado para a rota FTT, como cada um dos componentes contribui para o aumento (vermelho) ou diminuição (verde) para o custo na rota CLC.

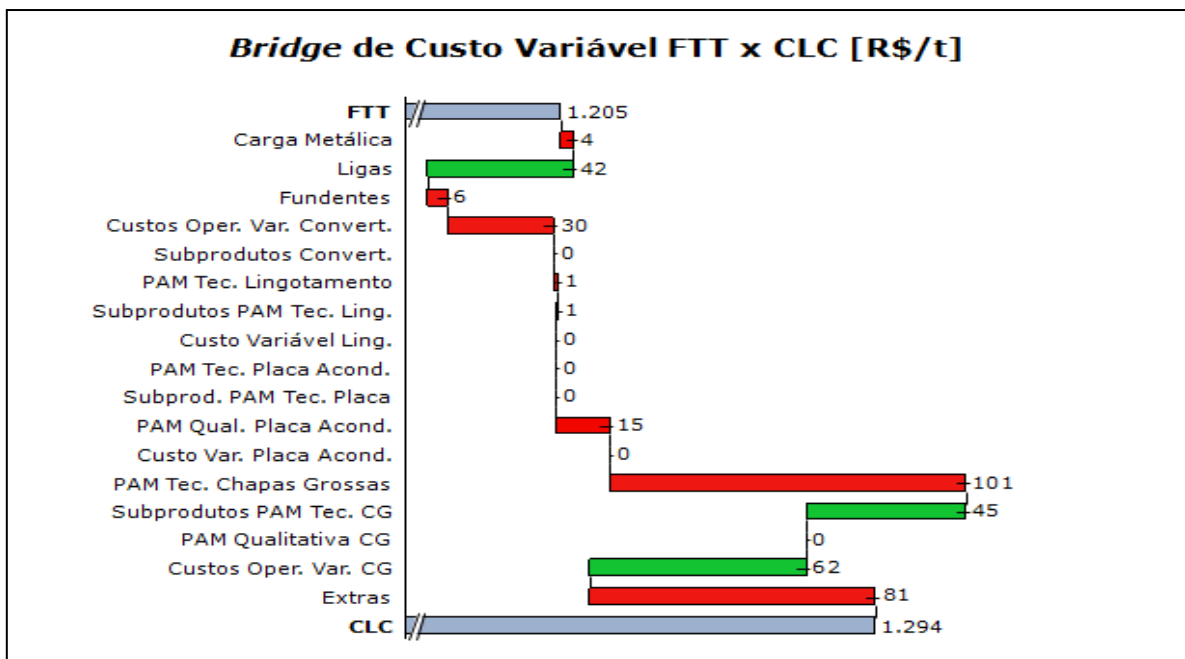


Figura 5 – Gráfico de Bridge de custo variável.

Nota-se, da Figura 5, o item que apresenta maior impacto diferencial nos custos quando comparadas as rotas FTT e CLC é a PAM Tecnológica na Laminação de Chapas Grossas. Isso ocorre devido à necessidade de descarte metalúrgico no topo e na base do laminado, em função de instabilidade de propriedade mecânica.

A Figura 6 mostra o impacto da variação da PAM Tecnológica no custo de processo do material pela rota CLC.

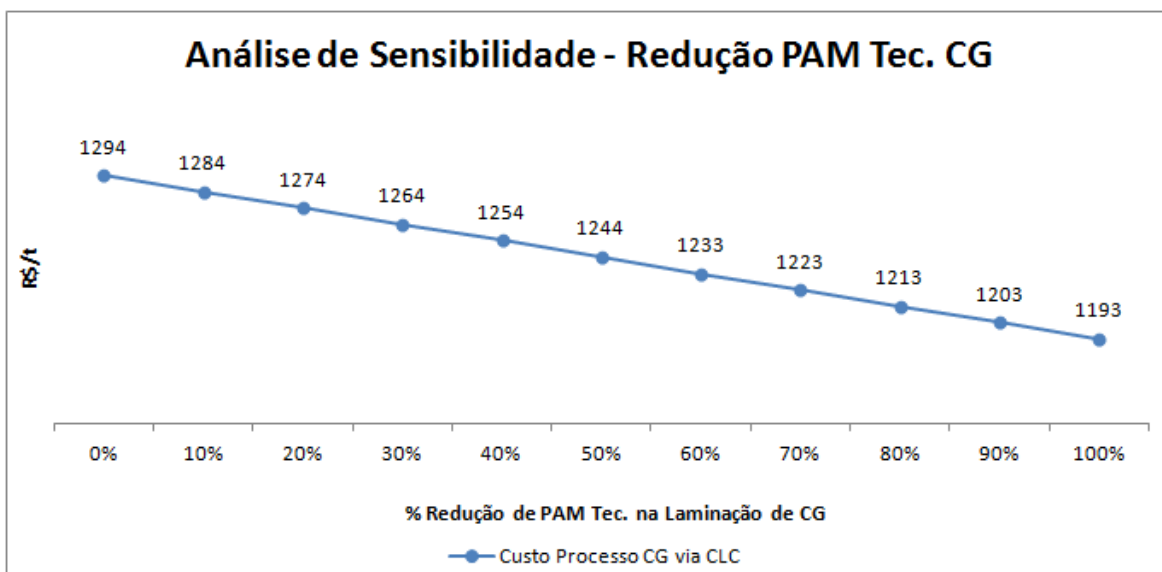


Figura 6 – Análise de Sensibilidade da redução do custo do processo via CLC em função da redução de PAM Tecnológica no Laminador de Chapas Grossas.

Observa-se que, sem as perdas por PAM Tecnológica, teríamos um ganho de 101 R\$/t, o que indica que esforços para reduzir estas perdas teriam impactos significativos nos custos de produção do Laminador de Chapas Grossas, fazendo com que o CLC tivesse um melhor custo que o FTT, mesmo com os custos extras que são específicos do CLC. Entretanto, as perdas por rendimento metálico são inerentes ao processo de produção de aço, sendo impossível reduzir 100% da PAM Tecnológica.

Foi feita a análise de sensibilidade com relação à PAM Tecnológica devido ao fato de os custos extras serem irreduzíveis e os custos operacionais variáveis no Convertedor também serem de difícil redução. Entretanto, esta análise de sensibilidade poderia ser feita para qualquer material adicionado em qualquer fase do processo, mas isso envolveria pesquisas direcionadas a metalurgia, o que está fora do escopo deste trabalho.

4 CONCLUSÕES

A proposta do trabalho foi baseada em um problema de análise de custos ocorrido na empresa analisada. A motivação para análise vem da existência de duas rotas possíveis de produção de aços tratados termicamente na Laminação de Chapas Grossas: FTT e CLC. Foi elaborado um modelo de cálculo de custos de produção para a rota destinada ao processo convencional através de fornos de tratamento térmico e para a rota de resfriamento acelerado com controle *on line* de temperatura.

O foco do trabalho foi o levantamento do custo variável. O levantamento destas informações de custo envolveu diversos setores da empresa analisada e a maior dificuldade encontrada foi detalhar o processo, chegando a nível de poder calcular as adições de materiais, tempo nas máquinas e custo operacional das máquinas para o tempo usado, a fim de obter informações sólidas a respeito dos custos envolvidos no processo de produção das chapas laminadas no Laminador de Chapas Grossas.

O custo desde o Aço Líquido até o processamento no Laminador de Chapas Grossas para o material analisado apresentou menor valor quando destinado ao processo convencional, quando comparado com o custo gerado na rota de resfriamento acelerado. Com a criação do modelo, é possível estratificar os custos e identificar os que mais impactam no custo final de ambas as rotas, direcionando análises de melhoria de custo do processo.

As informações obtidas com a ferramenta desenvolvida neste trabalho estão sendo usadas pelos gestores e equipes que programam a produção, a fim de obter mais informações para a tomada de decisão sobre qual rota adotar ao produzir placas com os aços pesquisados neste trabalho.

Foi feito um esforço a fim de realizar o mesmo levantamento para mais tipos de aços produzidos no Laminador de Chapas Grossas, entretanto, devido à quantidade de aços possíveis e à dificuldade na obtenção destas informações em tempo hábil para a conclusão desta pesquisa esta etapa foi deixada como trabalhos futuros.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, K.; GONÇALVES, M. N.; LEONCINE, M. Os métodos de custeio: vantagens, desvantagens e sua aplicabilidade nos diversos tipos de organizações apresentadas pela literatura. *ConTexto*, Porto Alegre, v. 12, n. 22, p. 145-159, 2º semestre 2012.

BORNIA, A. C. *Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas*. 3. ed. São Paulo: atlas, 2010.

GORNI, A. A., & SILVEIRA, J. (2006). Resfriamento acelerado de chapas grossas: o futuro chegou. *Caderno técnico da Revista Metalurgia e Materiais*, 63, 564.

GUERREIRO, R.; *Estruturação do Sistema de Custos para a Gestão da Rentabilidade*, São Paulo: Atlas, 2011.

HERCULANO, H. *A função da Contabilidade Gerencial na Eficiência Interna das Empresas – O uso da informação de custo nos acertos das decisões de negócio: um estudo de caso em uma empresa industrial de embalagem de plásticos flexíveis na Paraíba*. 2006, 99 páginas. Programa Multiintitucional e Inter-Regional de Pós-Graduação em Ciências Contábeis. João Pessoa – PB, 2006.

MACHADO, M. L., SOBRINHO, V., & ARRIVABENE, L. F. (2003). *Siderurgia para não Siderurgistas*. Material Didático empregado no IFET-ES.

MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de custos*. 10. ed. São Paulo: atlas, 2010.

MEGLIORINI, E. *Custos: análise e gestão*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

MOURÃO, Marcelo Breda; YOKOJI, A.; MALYNOWSKYJ, A. *Introdução à siderurgia*. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.

SOUZA, M.; SCHNOR, C.; FERREIRA, F. Análise das Relações Custo-Volume-Lucro como Instrumento Gerencial: um estudo multicaso em indústrias de grande porte no Rio Grande do Sul. *Revista de Contabilidade e Organizações*, vol. 5 n. 12 (2011) p. 109-134.