

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

DANIEL REIS DE OLIVEIRA

Análise da viabilidade econômica da utilização de cilindros cromados no Laminador de
Tiras a Frio e no Laminador de Encruamento de uma Siderúrgica

Belo Horizonte
2016

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Especialização em Otimização de Sistemas

Análise da viabilidade econômica da utilização de cilindros cromados no
Laminador de Tiras a Frio e no Laminador de Encruamento de uma
Siderúrgica

por

Daniel Reis de Oliveira

Monografia de final de Curso
(022434)

Prof. Dr. Anderson Laécio Galindo Trindade
Orientador

Belo Horizonte

2016

DANIEL REIS DE OLIVEIRA

Análise da viabilidade econômica da utilização de cilindros cromados no Laminador de Tiras a Frio e no Laminador de Encruamento de uma Siderúrgica

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 em Otimização de Sistemas

Orientador: Prof. Dr. Anderson Laécio Galindo Trindade

Belo Horizonte

2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do ICEx - UFMG

Oliveira, Daniel Reis de.

O48a Análise da viabilidade econômica da utilização de cilindros cromados no Laminador de Tiras a Frio e no Laminador de Encruamento de uma Siderúrgica. / Daniel Reis de Oliveira — Belo Horizonte, 2016. x, 46. : il. ; 29cm

Monografia (Especialização) – Universidade federal de Minas Gerais – Departamento de Ciência da Computação

Orientador: Anderson Laércio Galindo Trindade

1. Computação. 2. Viabilidade econômica.
3.Siderúrgica. 4. Laminação. I. Orientador. II. Título
519.6*61(043)



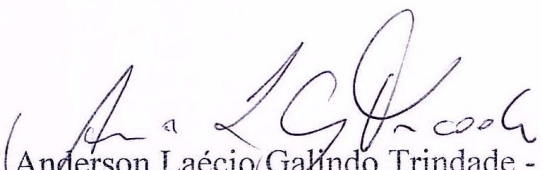
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

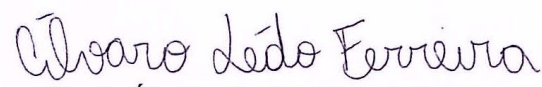
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM OTMIZAÇÃO DE SISTEMAS: ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
GESTÃO INDUSTRIAL

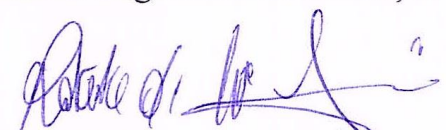
ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE CILINDROS CROMADOS
NO LAMINADOR DE TIRAS A FRIO E NO LAMINADOR DE ENCRUAMENTO DE UMA
SIDERÚRGICA

Daniel Reis de Oliveira

Monografia apresentada aos Senhores:


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


Prof. Álvaro Ledo Ferreira
Departamento de Engenharia de Produção - UFRA


Prof. Roberto Costa Quinino
Departamento de Estatística - UFMG

Belo Horizonte, 06 de dezembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Neste primeiro momento agradeço a DEUS, por ter me conduzido até aqui com muita saúde, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada e por ter sempre me abençoado.

Do fundo do meu coração, agradeço a minha família pelo apoio, carinho e compreensão.

Aos meus amores, minha querida esposa Josilaine e minha filha Isabela, ao amor, paciência e dedicação, além da confiança em mim depositada.

Agradeço ao meu professor orientador que me ajudou a concluir este trabalho.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

Aos amigos da pós-graduação pela amizade.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho e que não foram citados.

RESUMO

Com a busca cada vez mais por redução de custos e aumento da produtividade, é essencial a otimização de processos com ferramentas que possibilitem fabricar com o menor custo possível no menor tempo.

Este estudo visa identificar os benefícios da utilização de cilindros de trabalho cromados no Laminador de Tiras a Frio (LTF) e no Laminador de Encruamento (LE) de uma Siderúrgica e verificar se é economicamente viável em fazer um investimento inicial de R\$ 210.000,00 com cromagem e transporte de cilindros e se os benefícios e custos mensais são suficientes para absorver a depreciação e IR.

Foram analisados o VPL, TIR e Payback, sendo possível concluir pela viabilidade do projeto, dadas as considerações realizadas.

Palavras-chave: Cromagem de Cilindros, Aumento produtividade; Avaliação econômica de projetos

ABSTRACT

With the increasing search for cost reduction and increased productivity, it is essential to optimize processes with tools that make it possible to manufacture at the lowest possible cost in the shortest time.

This study aims to identify the benefits of the use of chrome work cylinders in the Cold Strip Roller (LTF) and the Steel Rolling Mill (LE) of a Steel Plant and verify if it is economically feasible to make an initial investment of R\$ 210,000, 00 with chrome plating and cylinder transport and if the monthly benefits and costs are sufficient to absorb depreciation and IR.

The NPV, IRR and Payback were analyzed and we can conclude that the investment is feasible, according with the suppositions made.

Keywords: Chroming cylinders, increase productivity, investment analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ilustração do processo de laminação.....	15
Figura 2.2 – Cadeira de laminação	18
Figura 2.3 – Fluxo de produção de laminados a quente	20
Figura 2.4 – Produtos obtidos pelo processo de laminação a quente	20
Figura 2.5 – Produtos obtidos pelo processo de laminação a frio	21
Figura 2.6 – Fluxo de produção de laminados a frio	22
Figura 2.7 – Figura ilustrativa do cilindro de laminação.....	22
Figura 3.1 – Tonelagem média de cilindros na cadeira 1 do LTF.....	32
Figura 3.2 – Quilometragem média de cilindros na cadeira 1 do LTF.....	32
Figura 3.3 – Tonelagem média de cilindros na cadeira 2 do LTF.....	33
Figura 3.4 – Quilometragem média de cilindros na cadeira 2 do LTF.....	33
Figura 3.5 – Tonelagem média de cilindros no Laminador de Encruamento.....	34
Figura 3.6 – Quilometragem média de cilindros no Laminador de Encruamento	34
Figura 3.7 – Consumo específico de cilindros de trabalho na cadeira 1 do LTF	35
Figura 3.8 – Consumo específico de cilindros de trabalho na cadeira 2 do LTF	35
Figura 3.9 – Consumo específico dos cilindros de trabalho do LE.....	36
Figura 3.10 – Consumo específico dos cilindros de encosto do LE.....	36
Figura 3.11 – Consumo específico dos cilindros intermediário do LE	37
Figura 3.12 – Histórico de consumo de energia elétrica na cadeira 1 do LTF em 2015	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Estrutura do Fluxo de Caixa Livre	29
Tabela 3.2 – Consumo específico de óleo de laminação e detergente no LTF	39
Tabela 3.3 – Redução de custo com óleo de laminação e detergente no LTF.....	39
Tabela 3.4 – Redução de consumo com insumos na oficina de cilindros	40
Tabela 3.5 – Redução de custo com insumos na oficina de cilindros	40
Tabela 3.6 – Redução de consumo com usinagem de cilindros de trabalho	41
Tabela 3.7 – Redução de custo com usinagem de cilindros de trabalho	41
Tabela 3.8 – Redução de consumo com cilindros intermediário e de encosto do LE	42
Tabela 3.9 – Redução de custo com usinagem de cilindros intermediário e encosto do LE....	42
Tabela 3.10 – Redução de consumo e custo com energia elétrica no LTF e LE.....	43
Tabela 3.11 – Custos adicionais com cromagem e transporte.....	43
Tabela 4.1 – Fluxo de caixa para os 3 primeiros meses	44
Tabela 4.2 – Resultados da Avaliação Econômica.....	44

LISTA DE SIGLAS

CAD	Cadeira de laminação
CE	Cilindro de Encosto
CI	Cilindro Intermediário
CT	Cilindro de Trabalho
FC	Fluxo de Caixa
FR	Forno de reaquecimento
IL	Índice de Lucratividade
IR	Imposto de Renda
LD	Laminador de Desbaste
LE	Laminador de Encruamento
LTF	Laminador de Tiras Frio
LTQ	Laminador de Tiras a Quente
mm	Milímetros
PA	Plano de Acompanhamento
TA	Trem acabador
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Lucratividade
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO	14
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 LAMINAÇÃO	15
2.1.1 <i>Laminação a Quente</i>	19
2.1.2 <i>Laminação a Frio</i>	21
2.2 CILINDROS DE LAMINAÇÃO	22
2.3 CROMAGEM	23
2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA	24
2.4.1 <i>Escala do Negócio</i>	25
2.5 INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA	25
2.5.1 <i>Taxa Mínima de Atratividade (TMA)</i>	25
2.5.2 <i>Método Payback</i>	26
2.5.3 <i>Valor Presente Líquido (VPL)</i>	26
2.5.4 <i>Taxa Interna de Retorno (TIR)</i>	28
2.6 FLUXO DE CAIXA LIVRE	28
2.6.1 <i>EBITDA</i>	29
2.6.2 <i>Depreciação</i>	30
2.6.3 <i>CAPEX</i>	30
2.6.4 <i>Fluxo de Caixa Descontado</i>	30
2.6.5 <i>Fluxo de Caixa Descontado Acumulado</i>	30
3. ESTUDO DE CASO	31
3.1 PARÂMETROS AVALIADOS.....	31
3.1.1 <i>Tonelagem e Quilometragem</i>	31
3.1.2 <i>Consumo de cilindros</i>	35
3.1.3 <i>Energia Elétrica</i>	37
3.1.4 <i>Outros Parâmetros</i>	38
3.2 REDUÇÕES DE CONSUMO E CUSTO	39
3.2.1 <i>Insumos do LTF</i>	39
3.2.2 <i>Insumos na oficina de cilindros</i>	40
3.2.3 <i>Usinagem de cilindros de trabalho do LTF e LE</i>	41
3.2.4 <i>Usinagem de CI e CE do LE</i>	42
3.2.5 <i>Energia elétrica no LTF e no LE</i>	43
3.3 CUSTOS ADICIONAIS.....	43

4.	RESULTADOS E CONCLUSÕES	44
4.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

Os grandes produtores de aço no Brasil encontram-se hoje em um dilema entre sobrevivência e crescimento. Além de competirem entre si, a globalização atual torna o mercado bastante competitivo, obrigando as empresas brasileiras a desenvolverem produtos de alto valor agregado e máxima eficiência no ciclo produtivo.

Um dos principais processos de produção de aço adotados pelas empresas no mundo é a laminação por permitir trabalhar um grande volume de material.

A eficiência do processo passa, evidentemente, pelos cilindros de laminação. Os cilindros atuais devem permitir a obtenção de laminados com elevados padrões de qualidade. Os laminados devem apresentar níveis adequados de resistência mecânica, planicidade, rugosidade, espessura de chapa no atendimento a consumidores cada vez mais exigentes (indústria automobilística, linha branca, dentre outros). Por outro lado, os cilindros de laminação devem suportar níveis de carga e temperatura elevados, exigindo tenacidade e resistência ao desgaste em patamares cada vez mais altos para otimização do ciclo produtivo. A melhoria dos cilindros torna-se chave para o ganho da produção de aço laminado.

De forma convencional, os materiais para cilindros de laminação dividem-se em dois grupos. O primeiro consiste de cilindros de ferro fundido, com alta resistência ao desgaste e frágeis, utilizados no acabamento dos laminados (últimas cadeiras); o segundo engloba cilindros de aço que possuem melhor resistência mecânica, dureza uniforme e maior coeficiente de atrito (oferece melhor mordedura) e, por isso, são utilizados nas cadeiras iniciais do processo.

Os cilindros de laminação para as últimas cadeiras são, geralmente, ferramentas confeccionadas com dois materiais. Eles consistem de um núcleo dútil de aço ou ferro fundido por centrifugação ou estaticamente (vazamento por gravidade) e de uma casca externa de elevada resistência ao desgaste. Esses cilindros devem manter dureza elevada e resistência ao desgaste mesmo em altas temperaturas.

Para garantir o acabamento exigido por clientes, inúmeras empresas estão utilizando modificações superficiais (texturização e cromeamento) nos laminadores de acabamento.

O processo de texturização promove um importante efeito em produtos laminados em especial para a indústria automotiva. Durante o processo de conformação, as crateras formadas pela textura superficial promovem uma boa reserva de óleo lubrificante, se produzido de forma aleatória, além de promover um bom brilho após a pintura. Além de melhorar o acabamento, a texturização pode promover um incremento na resistência a fratura, corrosão e a fadiga.

Já o revestimento de cromo duro, que é produzido por eletrodeposição a partir de uma solução contendo ácido crômico e um ânion catalisador na proporção adequada, tem sido extensivamente usado em aplicações industriais que exigem elevada resistência ao desgaste. O revestimento de cromo possui característica como uma dureza elevada, resistência a corrosão e ao desgaste.

Com a utilização de cilindros cromados ainda são esperados outros benefícios como melhoria na condição de limpeza do material na saída do LTF, com o aumento no índice de refletância do material laminado, além do aumento na disponibilidade dos laminadores através da redução do número de trocas programadas de cilindros de trabalho.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da utilização de cilindros cromados nas cadeiras 1 e 2 do Laminador de Tiras a Frio e no Laminador de Encruamento de uma Siderúrgica.

1.2 Organização do Trabalho

O Capítulo 2 desse trabalho apresenta uma revisão bibliográfica abordando o processo de laminação, laminação a quente, laminação a frio bem como processo de cromagem através do revestimento de cromo duro, bem como detalhes sobre a avaliação econômica de projetos de investimento. O Capítulo 3 mostra o Estudo de Caso, em que são levantados os dados necessários à avaliação econômica. No Capítulo 4, são apresentados os principais indicadores da avaliação econômica e as conclusões sobre a viabilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma breve revisão sobre o processo de laminação, mostrando os princípios do processo, além de trazer uma síntese das aplicações do processo de laminação, laminação a quente e laminação a frio e ainda um breve resumo sobre cilindros de laminação e cromagem de cilindros.

2.1 Laminação

A importância dos metais na tecnologia moderna deve-se em grande parte à relativa facilidade com que estes podem ser processados com o objetivo de se obter uma forma desejada, com propriedades controladas e a um custo compatível com a sua utilização.

De uma maneira geral, os metais apresentam alta resistência à deformação e tenacidade, que os tornam adequados a uma série de aplicações tecnológicas. Ao mesmo tempo, permitem a sua conformação no estado sólido, por meio de diversos processos de trabalho mecânico, associados aos tratamentos térmicos que permitem a alteração e o controle de diversas propriedades.

Por definição, a laminação é um processo de conformação no qual o material é forçado a passar em um laminador, por entre dois cilindros, que giram em sentidos opostos, com praticamente a mesma velocidade superficial e espaçados entre si a uma distância menor que o valor da dimensão inicial do material a ser deformado conforme podemos observar na Figura 2.1.

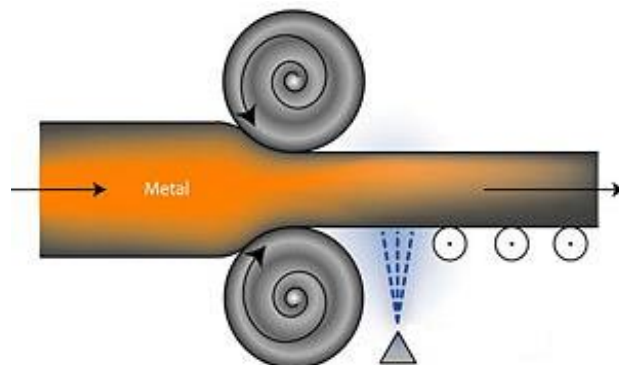


Figura 2.1 – Ilustração do processo de laminação

O metal sai com uma velocidade maior que a de entrada e os cristais são alongados na direção da laminação.

Ao passar entre os cilindros, a tensão surgida entre o esboço (produto em processamento) e os cilindros promove uma deformação plástica, na qual a espessura é diminuída, o comprimento é aumentado e a largura pode ser aumentada ou reduzida. Em certos casos, a largura pode não ser alterada.

O processo de laminação, objeto deste capítulo, está incluído na categoria denominada de moldagem, pertencendo à subcategoria de conformação a partir de um sólido. Os processos pertencentes a esta categoria também são denominados de processos de conformação mecânica ou processos de conformação plástica, incluindo também os processos de forjamento, estampagem, extrusão e trefilação. A conformação mecânica, ou deformação plástica por laminação, é efetuada por duas razões básicas. Primeiro, visando obter formas que seriam difíceis ou dispendiosas de serem produzidas por outros métodos. Estas formas vão desde folhas e barras (fios) finas, que, embora simples, são difíceis de serem produzidas economicamente por outros métodos, até formas mais complicadas como vigas em I, trilhos e perfis especiais.

O processo de laminação é um processo de conformação mecânica largamente aplicado às ligas metálicas. Considerando os dados divulgados por entidades internacionais relativos aos primeiros anos do século XXI, mais de 90% dos aços e das ligas de alumínio e cobre passaram pelo menos uma vez por processos de laminação, correspondendo a mais de um bilhão de toneladas. A segunda razão reside no fato de as propriedades mecânicas dos metais serem geralmente melhoradas pela conformação mecânica. Neste caso, o efeito mais relevante é o encruamento (endurecimento por deformação plástica), frequentemente utilizado com a finalidade de aumentar a resistência mecânica de materiais. O trabalho mecânico também permite obter microestruturas de maior tenacidade, por exemplo: fechando ou caldeando cavidades ou alongando partículas de inclusões para a forma de veios paralelos e alinhados por meio de um cuidadoso planejamento do processo, segundo as direções do produto acabado que irão ser submetidas às maiores tensões de tração.

Outra vantagem fundamental do uso dos processos de produção por laminação está na possível economia de material, devido à adequação das formas e na menor relação peso/resistência (construção mais leve), em relação aos métodos de usinagem ou fundição.

O processo de laminação apresenta uma alta produtividade e um controle dimensional do produto acabado que pode ser bastante preciso, além de permitir a

obtenção de produtos, como chapas finas de reduzida espessura e longos perfis, que seria impossível ou muito dispendioso por outros processos. O processo de laminação também possibilita a introdução de um elevado nível de automação, facilitando assim o controle de uma planta industrial, reduzindo a variabilidade do processo e permitindo reduzir a exposição dos operadores a riscos.

Como os custos dos ferramentais de conformação por laminação (cilindros de laminação) e o investimento em instalações de uma linha de produção por laminação são elevados, o tamanho do lote encomendado afeta decisivamente no custo dos produtos gerados por laminação. Em alguns casos, utilizam-se cilindros confeccionados com caríssimos aços para trabalho a quente, de difícil usinagem, e nas quais devem ser executadas, muitas vezes formas complexas ou com uma elevada frequência de renovação da camada usinada de trabalho. O processo de conformação por laminação é adequado para a produção em série, promovendo assim uma redução de custo de produção. Pelos motivos expostos, a laminação é um dos processos de conformação mais utilizados nas indústrias.

Durante a laminação, raramente passa-se o material somente uma vez entre os cilindros de laminação, pois, a redução de área almejada não pode ser conseguida em um só passe. Assim, o equipamento de laminação que tem como seu principal equipamento o laminador, deve ser capaz de submeter o material a uma sequência de passes.

Um laminador consiste basicamente de cilindros (ou rolos), mancais, uma carcaça chamada de gaiola ou quadro para fixar estas partes e um motor para fornecer potência aos cilindros e controlar a velocidade de rotação e pode ser composto de uma ou mais cadeiras de laminação (Figura 2.2).

As forças envolvidas na laminação podem facilmente atingir milhares de toneladas, portanto é necessária uma construção bastante rígida, além de motores muito potentes para fornecer a potência necessária.

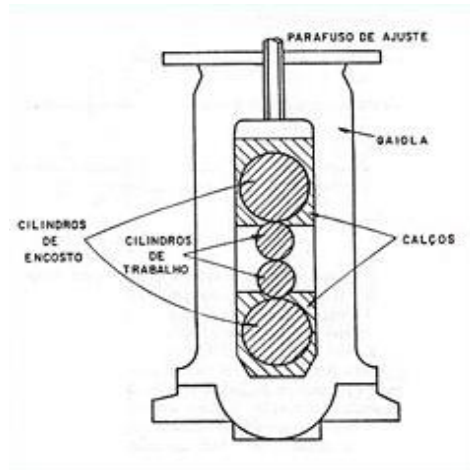


Figura 2.2 – Cadeira de laminação

Quando este equipamento consiste em somente um conjunto de cilindros, isto pode ser conseguido de duas formas: ou variando-se a distância entre os cilindros de trabalho, laminadores reguláveis durante a operação, ou mantendo-se esta distância fixa, laminadores fixos durante a operação, e variando-se o diâmetro (perfil) do cilindro ao longo do seu comprimento, o que equivale a variar a abertura entre os cilindros. Neste último caso, a peça a ser trabalhada deverá ser deslocada paralelamente aos cilindros para cada passe sucessivo. O canal é um corte ou entalhe usinado na mesa dos cilindros, com forma pré-determinada, onde acontece a deformação do material durante o processo de laminação. Outra forma de realizar passes com diferentes reduções seria a colocação de laminadores em linha, com uma distância pré-determinada entre eles, de modo que trabalhassem o material sucessivamente e em alguns casos simultaneamente.

O processo de laminação pode ser feito a frio ou a quente. Normalmente, a laminação a quente é usada para as operações de desbaste e a laminação a frio, para as operações de acabamento de produtos planos. Geralmente, utiliza-se um ou dois conjuntos de cilindros para a laminação a quente, de modo que o lingote ou o esboço passa várias vezes entre os mesmos cilindros. As últimas etapas da laminação a quente e a maior parte da laminação a frio são efetuadas comumente em múltiplos conjuntos de cilindros denominados trens de laminação. O número de operações necessárias para atender a estes objetivos do processo de laminação, depende das especificações estipuladas para a forma, as propriedades mecânicas, as condições superficiais (rugosidade, revestimentos, etc.) e em relação à macro e microestrutura do produto laminado. Quanto mais detalhadas forem estas

especificações, mais complicado será o procedimento e um maior número de operações será necessário.

Para obtenção de produtos laminados as principais etapas são:

- a) preparação do material inicial para a laminação;
- b) aquecimento do material inicial;
- c) laminação a quente;
- d) acabamento e/ou tratamento térmico (se se tratar de produto final);
- e) decapagem;
- f) laminação a frio (se necessário);
- g) tratamento térmico;
- h) acabamento e revestimento;

2.1.1 Laminação a Quente

Um Laminador de Tiras a Quente ou LTQ tem a finalidade de transformar placas de aço grossas em bobinas de aço com pequenas espessuras. Ele é composto por duas áreas: a ‘área de reaquecimento’ de placas ou ‘área de calor’, e a ‘área de laminação’ propriamente dita. Um LTQ é composto também por vários equipamentos, dentre eles, os três principais são, na área de reaquecimento: o forno de reaquecimento de placas (FR), e na área de laminação: o laminador de desbaste (LD) e o trem acabador (TA). Estes três são mais importantes porque têm influência direta no sequenciamento. O processo de laminação de tiras a quente consiste tipicamente em primeiro passar com as placas pela área de reaquecimento, ou seja, enfiar as placas de aço no FR, e logo após processar (laminar) estas placas na área de laminação.

Na laminação a quente os cristais começam a se reconstituir após deixar a zona de tensão, mas na laminação a frio eles mantêm a forma alongada, obtida pela ação dos cilindros. O metal é submetido a altas tensões compressivas, e a tensões cisalhantes superficiais, resultantes da fricção entre os cilindros e o metal. As forças de fricção são também responsáveis pelo ato de puxar o metal.

As diferenças entre a espessura inicial e a final, da largura inicial e final e do comprimento inicial e final, chamam-se respectivamente: redução total, alargamento total e alongamento total.

Admitindo que não haja alargamento da placa, a diminuição de altura ou espessura é compensada por um alongamento, na direção da laminação.

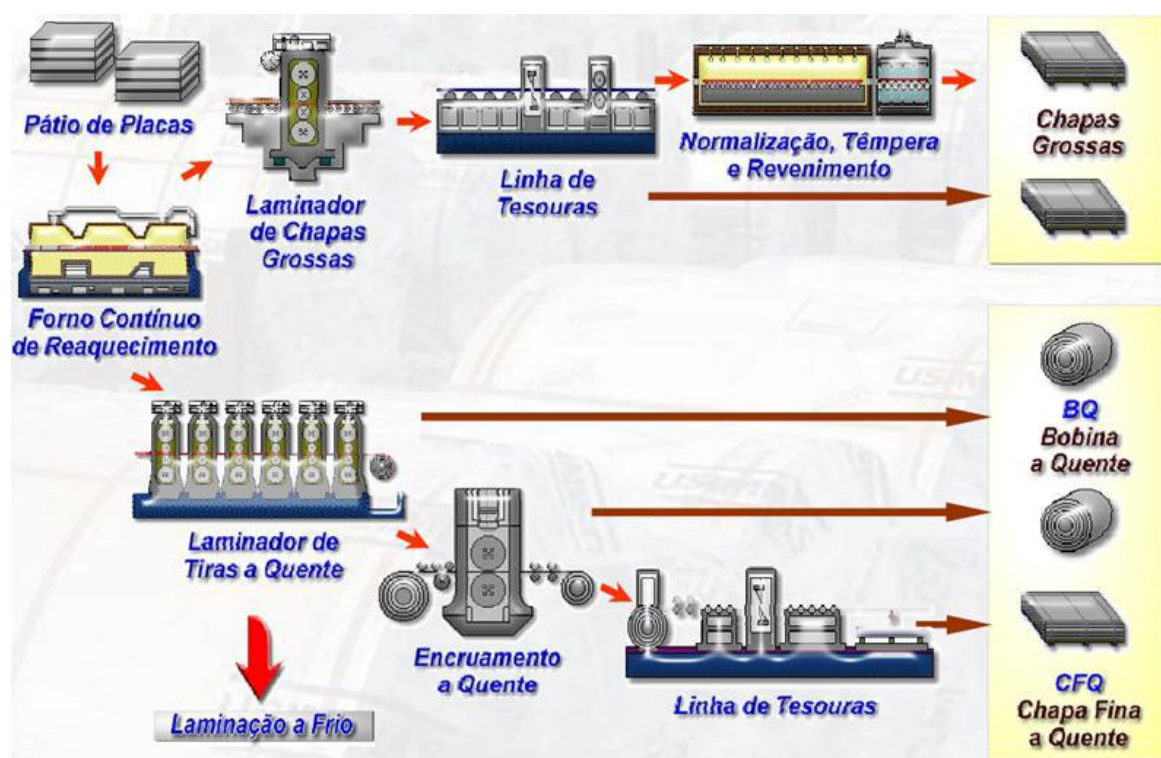


Figura 2.3 – Fluxo de produção de laminados a quente



Figura 2.4 – Produtos obtidos pelo processo de laminação a quente

2.1.2 Laminação a Frio

A laminação a frio é empregada para produzir folhas e tiras com acabamento superficial e com tolerâncias dimensionais superiores quando comparadas com as tiras produzidas por laminação a quente. Além disso, o encruamento resultante da redução a frio pode ser aproveitado para dar maior resistência ao produto final. Os materiais de partida para a produção de tiras de aço laminadas a frio são as bobinas a quente decapadas. A laminação a frio de metais não ferrosos pode ser realizada a partir de tiras a quente ou, como no caso de certas ligas de cobre, diretamente de peças fundidas.

Trens de laminadores quádruplos de alta velocidade com três a cinco cadeiras são utilizados para a laminação a frio do aço, alumínio e ligas de cobre. Normalmente esses trens de laminação são concebidos para terem tração avante e a ré. A laminação contínua tem alta capacidade de produção, o que resulta num custo de produção baixo.

A redução total atingida por laminação a frio geralmente varia de 50 a 90%. Quando se estabelece o grau de redução em cada passe ou em cada cadeira de laminação, deseja-se uma distribuição tão uniforme quanto possível nos diversos passes sem haver uma queda acentuada em relação à redução máxima em cada passe. Normalmente, a porcentagem de redução menor é feita no último passe para permitir um melhor controle do aplainamento, bitola e acabamento superficial.

A eliminação do limite de escoamento descontínuo nas tiras de aço recozido é um problema prático muito importante, pois a ocorrência deste fenômeno provoca uma deformação heterogênea em posterior processamento (linhas de Lüders). Isto é devido ao alongamento descontínuo do limite de escoamento. A prática normal é dar uma pequena redução final a frio no aço recozido, chamada de passe de encruamento superficial, que elimina o alongamento descontínuo do limite de escoamento. Esse passe de acabamento também resulta numa melhora da qualidade superficial e controle dimensional. Outros métodos podem ser utilizados na melhoria do controle dimensional das tiras ou folhas laminadas, entre estes estão o aplainamento por rolos e o desempenho por tração.



Figura 2.5 – Produtos obtidos pelo processo de laminação a frio

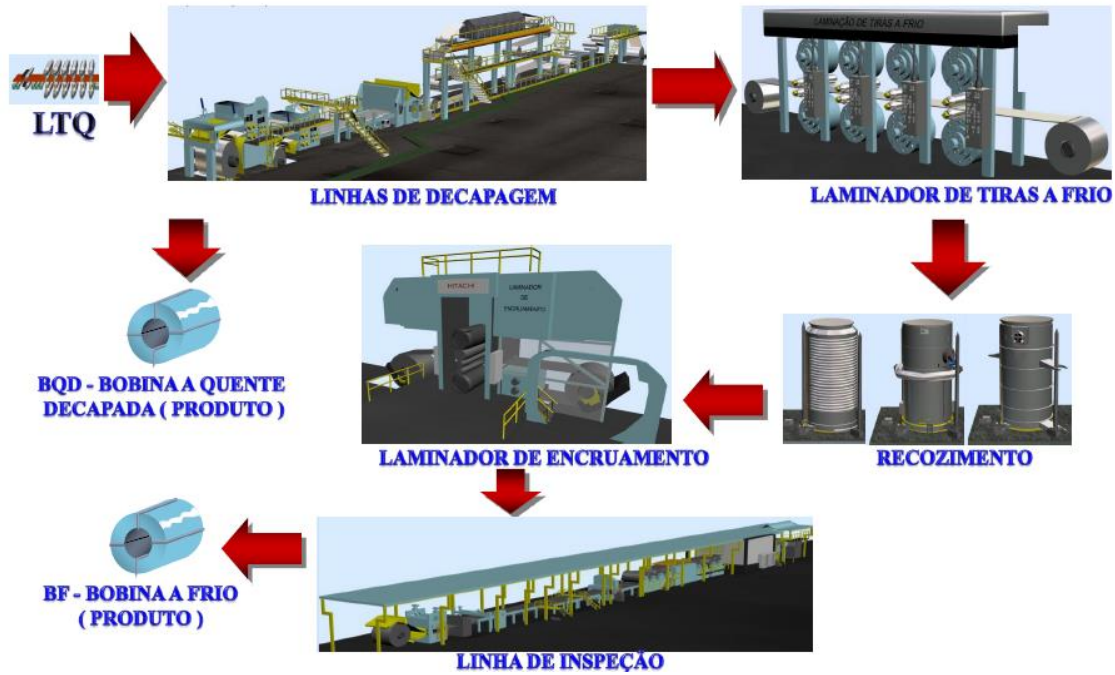


Figura 2.6 – Fluxo de produção de laminados a frio

2.2 Cilindros de Laminação

Os cilindros (Figura 2.5) são componentes de destaque inegável na elaboração dos laminados: mantém contato direto com o produto acabado e são responsáveis por sua forma e aspecto. Os cilindros de laminação são compostos de três partes principais:

MESA: região do cilindro onde ocorre o contato com o material a ser laminado – pode ser lisa ou com canais;

- PESCOÇOS: região dos cilindros onde se encaixam os mancais;
- TREVOS OU GARFOS DE ACIONAMENTO: serve de ligação do cilindro com os eixos de força, por meio de uma luva;

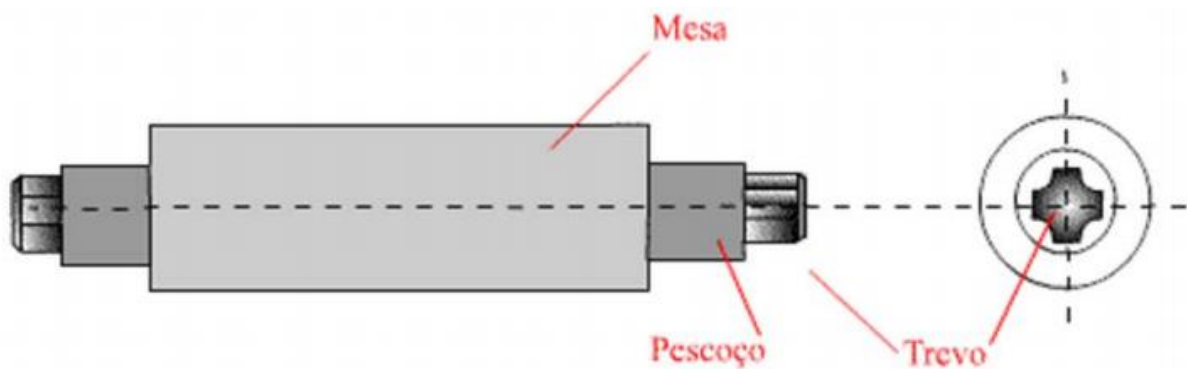


Figura 2.7 – Figura ilustrativa do cilindro de laminação

Os cilindros de laminação podem utilizados como cilindros de trabalho ou cilindros de encosto (ou apoio).

Os cilindros de trabalho são aqueles que entram em contato direto com o material laminado. Sofrem, portanto, as maiores solicitações de temperatura e desgaste.

Os cilindros de encosto (ou apoio) são aqueles que não entram em contato com o material laminado, mas sim com o cilindro de trabalho. Servem para apoiar o cilindro de trabalho impedindo sua flexão. Para isso, são cilindros de maior porte.

Os processos de fabricação dos cilindros podem ser através de fundição (fundidos convencionais ou fundidos por centrifugação) ou pelo processo de forjamento.

2.3 Cromagem

O processo de cromagem visa aumentar a dureza superficial dos cilindros de trabalho, diminuindo assim o desgaste provocado pela laminação, sem perda significativa de sua rugosidade superficial.

Na década de 1950 surgiram os banhos que utilizavam catalizadores mistos, contendo sulfetos e fluoretos. Em comparação aos banhos convencionais, os catalizadores mistos se caracterizam por promoverem uma dureza mais elevada ao revestimento e maior produtividade. Em contrapartida, o metal é atacado quimicamente enquanto se aquece até a temperatura de deposição. Neste caso, as áreas com baixas densidades de corrente não serão recobertas e são atacadas durante todo o processo (ASM HANDBOOK, 1994).

Para sanar os problemas ocorridos com os banhos de catalizadores mistos, na década de 1980, surgiram os banhos livres de fluoretos que usam como catalizadores os íons sulfetos acrescido de um composto orgânico. Esse tipo de banho evita o ataque químico do metal base durante a deposição, entretanto tem como limitação o difícil controle da proporção entre os dois catalizadores (CHIU et al., 2002).

A quantidade de trincas, dureza, e a fragilização por hidrogênio são alguns fatores que influenciam na qualidade do revestimento.

As microtrincas que não podem ser evitadas com condições presentes de eletrodeposição geram um efeito adverso com relação à resistência à corrosão, uma vez que os agentes corrosivos podem facilmente alcançar o substrato através das microtrincas (WANG et al., 2005). Observa-se que quanto maior o número de trincas presentes, menores elas são e, portanto, maior é a resistência à corrosão, pois menor é a probabilidade

de uma trinca atravessar todo o revestimento chegando ao substrato (ASM HANDBOOK, 1994). Seleciona-se a quantidade de trincas do revestimento por meio da escolha do catalizador usado na deposição.

Antes de promover a deposição de cromo duro, toda sujeira e filmes passivos devem ser removidos de superfícies de metais ferrosos e não ferrosos. Além de limpar, este processo ainda ajuda na ativação da superfície aumentando a eficácia da adesão do cromo duro (ASM HANDBOOK, 1994).

Para a deposição do revestimento, existem três tipos básicos de soluções nas quais em todas é usado trióxido de cromo (CrO_3) como a fonte principal do metal (ASM HANDBOOK, 1994).

O primeiro tipo de solução surgiu na década de 1920 e passou a ser chamada de solução convencional de cromo usando como catalizador os íons sulfetos (SO_4^{2-}) (ASM HANDBOOK, 1994).

Na década de 1950 surgiram os banhos que utilizavam catalisadores mistos, contendo sulfetos e fluoretos. Em comparação aos banhos convencionais, os catalisadores mistos se caracterizam por promoverem uma dureza mais elevada ao revestimento e maior produtividade. Em contrapartida, o metal é atacado quimicamente enquanto se aquece até a temperatura de deposição. Neste caso, as áreas com baixas densidades de corrente não serão recobertas e são atacadas durante todo o processo (ASM HANDBOOK, 1994).

Para sanar os problemas ocorridos com os banhos de catalisadores mistos, na década de 1980, surgiram os banhos livres de fluoretos que usam como catalisadores os íons sulfetos acrescido de um composto orgânico. Esse tipo de banho evita o ataque químico do metal base durante a deposição, entretanto tem como limitação o difícil controle da proporção entre os dois catalisadores (CHIU et al., 2002).

Cilindros de trabalho com revestimento de cromo possibilita a formação de cones dinâmicos de laminação e por consequência aumento da quilometragem laminada.

2.4 Viabilidade Econômica

Existem vários meios de se analisar a viabilidade de um projeto, porém nunca sem antes analisar a escala, o plano financeiro e outros demonstrativos que serão comentados a seguir.

2.4.1 Escala do Negócio

É fundamental a escolha de um tamanho para o projeto e dependerá fundamentalmente dos custos e para Woiler e Matias (1996, p. 141) custos se enquadram no seguinte conceito:

- Custos de construção do projeto;
- Custo de oportunidade do capital investido na capacidade instalada;
- Custo associado ao tamanho (economia de escala);
- Custo de oportunidade associado ao tempo de construção de uma fábrica nova ou ampliação da já existente;
- Custos de oportunidade associados à falta de capacidade para atender a demanda;
- Custos associados à estrutura fiscal e tributária (taxas e/ou incentivos, tais como o imposto de renda, critérios de depreciação).

O tamanho dependerá também da capacidade do mercado em absorver o que vai ser produzido, além da capacidade produtiva da empresa. O valor do investimento deverá estar de acordo com essa capacidade de oferta e procura.

2.5 Indicadores de viabilidade econômica

Para avaliar a viabilidade econômica de projetos, são utilizados, em geral, três indicadores: Payback, VPL e TIR. Todos se baseiam no desconto de valores monetários no tempo, utilizando-se uma taxa de referência, chamada de Taxa Mínima de Atratividade.

2.5.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Para Gaslene et al (1999) teoricamente é uma taxa de desconto k apropriada ao custo de oportunidade, esta taxa que pode ser de escolha dos administrados da empresa é a referida Taxa Mínima de Atratividade. Indiferente dos termos de uso é uma taxa ajustada ao risco do projeto. Ela trata-se do retorno mínimo exigido pelos sócios da empresa.

Para Filho e Kopittke (2006) a TMA é a oportunidade de estar investindo em um empreendimento novo um capital que poderia estar sendo investido outro projeto. Ela deve ser mais atrativa que aplicações financeiras já existentes e de risco menor.

2.5.2 Método Payback

É uma maneira de analisar um investimento, o projeto selecionado entre as alternativas disponíveis será aquele que proporcionar a recuperação mais eficaz dos recursos desembolsados para a sua execução. (LEITE, 1994).

Leite (1994) ainda relata que a maior vantagem do método PAYBACK é a sua simplicidade. Muito fácil de entender a lógica deste método e assegura a ele uma estimável popularidade entre os administradores de vários setores das organizações.

Para Gaslene et al (1999) o uso deste critério corresponde uma noção muito simplificada, ou seja, aquela que se um investimento é muito mais interessante quanto mais entradas líquidas de caixa (ingressos – saídas de caixa) anuais acontecerem, mais depressa a recuperação do capital gasto no início a fim de empreendê-lo. O PAYBACK é calculado da seguinte forma:

$$\text{Payback} = \text{Valor do Investimento} / \text{Fluxo de Caixa Líquido}$$

Considere o seguinte exemplo: Um torno CNC que custe R\$ 250.000,00 e produza mensalmente um fluxo de caixa líquido de R\$ 10.000,00 por mês, logo teremos:

$$\text{PAYBACK} = \text{R\$ } 250.000,00 / \text{R\$ } 10.000,00$$

PAYBACK = 25 meses, tempo de retorno do investimento.

Gaslene et al (1999) comenta que o critério é um tanto falho quando as empresas o usam como critério de avaliação de liquidez de um projeto, por que na íntegra, ele se caracteriza como uma medida de alcançar a liquidez.

2.5.3 Valor Presente Líquido (VPL)

Leite (1994) afirma que podemos designar Valor Presente Líquido (VPL) como a diferença entre o valor presente das entradas líquidas e o valor das saídas líquidas, acatando uma taxa determinada de abatimento para as duas estimativas.

O VPL para Gaslene et al (1999) de um empreendimento torna-se igual à diferença entre o valor das entradas líquidas do projeto e investimento inicial, com o desconto dos fluxos de caixa calculados a uma taxa mínima de atratividade ($k = \text{TMA}$) definida pela empresa.

O VPL é definido pela equação (1)

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (2)$$

em que:

- **FC** é o fluxo de caixa no período t
- **n** é o número de períodos considerados no projeto;
- **k** é o custo do capital (TMA)

Considere o seguinte exemplo com ilustração. A corporação X deve decidir se irá introduzir novo produto no mercado consumidor, ao qual haverá custos de elaboração, divulgação, operacionais, e fluxos de caixa entrantes durante 6 anos. Este projeto terá uma saída de caixa imediata de \$125.000,00, sendo este o tempo 0 (zero)_{t=0}, que pode incluir as máquinas, equipamentos, custos de treinamento de empregados, etc. Outras saídas de caixa são esperadas do 1º ao 6º ano no valor de \$25.000 em cada ano. As entradas de caixa esperam-se que sejam de \$60.000 ao ano. Todos os fluxos de caixa são após pagamento de impostos, e não há fluxo de caixa esperado após o sexto ano. A TMA é de 12% ao ano. A seguir é apresentado o cálculo do Valor Presente Líquido para cada ano

Ano(t)	Fluxo de Caixa(FC) Saída(-)/(+)Entrada de Capital(\$)	Valor Presente(\$)
0	-\$125.000/1, 12 ⁰	-\$125.000
1	(+\$60.000 - \$25.000)/1, 12 ¹	+\$31.250
2	(+\$60.000 - \$25.000)/1, 12 ²	+\$27.902
3	(+\$60.000 - \$25.000)/1, 12 ³	+\$24.912
4	(+\$60.000 - \$25.000)/1, 12 ⁴	+\$22.243
5	(+\$60.000 - \$25.000)/1, 12 ⁵	+\$19.860
6	(+\$60.000 - \$25.000)/1, 12 ⁶	+\$17.732
		Σ \$18.899,00

A soma de todos estes valores será o VPL (Valor Presente Líquido), o qual é igual a \$18.899,00. Como o VPL é maior que zero, a corporação deveria investir nesse projeto. Logicamente que numa situação real, seria necessário considerar outros valores, tais como

cálculo de impostos, fluxos de caixa não uniformes, valores recuperáveis no final do projeto, entre outros.

Considerando-se um TMA de 10% ao ano para este exemplo, encontramos para o projeto de investimento um Valor Presente Líquido de \$27.434,12. Se considerarmos uma TMA de 17.19% ao ano, o Valor Presente Líquido do Projeto será zero. Para uma TMA de 0%, o lucro econômico periódico se confunde com o lucro contábil periódico e o valor presente líquido é igual ao somatório dos lucros contábeis periódicos.

2.5.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Leite (1994) considera a TIR como um método fundamental para escolha de propostas de investimentos alternativos, isso acontece já há algum tempo. Ela basicamente corresponde à taxa de lucratividade esperada dos projetos de investimentos.

Filho e Kopittke (2006) relatam que a Taxa Interna de Retorno necessita o cálculo da taxa que liquida o Valor Presente dos fluxos de caixa das alternativas. Um investimento com TIR maior que a TMA é considerado rentável e é passível de análise. Suponhamos que o investidor tenha a possibilidade de fazer um investimento que lhe renderá 10% a.a e a TIR foi calculada em 10%, considera-se financeiramente que não é um bom investimento, pois a TIR que o empreendimento lhe proporcionará não vale o risco do investimento.

2.6 Fluxo de Caixa Livre

O fluxo de caixa livre corresponde aos resultados dos desembolsos de caixa (Receitas menos custos, menos despesas, menos imposto de renda, menos CAPEX). É neste fluxo de caixa resultante que serão calculados os indicadores apresentados anteriormente. A Tabela 2.1 ilustra a estrutura para obtenção do fluxo de caixa livre.

Tabela 2.1 – Estrutura do Fluxo de Caixa Livre

	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3
EBITDA				
(-) Depreciação				
Lucro Tributável				
(-) IR				
Lucro Líquido				
(+) Depreciação				
(-) Capex				
Fluxo de Caixa Livre				
Fluxo de Caixa Descontado				
FC Descontado Acumulado				

Os seus principais componentes são mostrados a seguir.

2.6.1 EBITDA

EBITDA é a sigla de “*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*”, que significa "Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização" em português.

É um indicador financeiro, também chamado de LAJIDA, e representa quanto uma empresa gera de recursos através de suas atividades operacionais, sem contar impostos e outros efeitos financeiros.

Esse indicador é importante para os empresários e administradores de empresas, pois dá a possibilidade de eles não analisarem apenas o resultado final da organização, e sim o processo com um todo, e esse indicador é bastante utilizado no mercado de ações.

O EBITDA é utilizado essencialmente para analisar o desempenho das organizações, pois ele é capaz de medir a produtividade e a eficiência da empresa, um ponto que é essencial para o empresário que pretende investir. O termo é bastante utilizado por analistas financeiros em análise de balanços de contabilidade de empresas de capital aberto.

Para calcular o EBITDA é necessário primeiro calcular o lucro operacional, que é a subtração, a partir da receita líquida, do custo dos produtos vendidos (CPV), das despesas operacionais e das despesas financeiras líquidas (despesas menos receitas com juros e outros itens financeiros).

Depois, é só somar ao lucro operacional os juros, a depreciação e amortização que estão incluídas no CPV e nas despesas operacionais.

2.6.2 Depreciação

A depreciação é a diminuição do valor de alguns bens, resultante de envelhecimento ou desgaste, redução do preço ou do valor de alguma coisa.

É uma despesa que não envolve desembolso de caixa, porém, seu valor “transita” no Fluxo de Caixa, diminuindo o lucro antes do IR e, portanto, reduzindo o montante de imposto de renda a pagar. Para análise de investimentos utiliza-se a depreciação fiscal (Visão caixa), ou seja, os prazos de depreciação definidos pela Receita Federal Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998.

2.6.3 CAPEX

CAPEX é a sigla da expressão inglesa *capital expenditure* (em português, despesas de capital ou investimento em bens de capital) e que designa o montante de dinheiro despendido na aquisição (ou introdução de melhorias) de bens de capital de uma determinada empresa.

2.6.4 Fluxo de Caixa Descontado

É o fluxo de caixa (anual, mensal, etc.) trazido a valor presente pela TMA (Taxa Mínima de Atratividade do projeto), e seu somatório corresponde ao VPL.

2.6.5 Fluxo de Caixa Descontado Acumulado

Corresponde ao somatório do fluxo de caixa descontado, que permite o cálculo do Payback.

3. ESTUDO DE CASO

Foram realizados testes durante os meses de Outubro até Dezembro/15 utilizando cilindros de trabalhos cromados nas cadeiras 1 e 2 em todos os rolos laminados no Laminador de tiras a frio e laminador de encruamento 2.

Todos os rolos foram laminados com cilindros de trabalhos cromados, com exceção dos materiais considerados de alta redução (Alongamento > 3%).

Para um melhor alinhamento das informações, foi elaborado um PA (Plano de Acompanhamento) para que todas novas necessidades de controle operacionais ficassem alinhadas, de forma a contribuir no final do teste com a avaliação da viabilidade de utilização dos cilindros cromados.

3.1 Parâmetros Avaliados

3.1.1 Tonelagem e Quilometragem

Classifica como tonelagem a capacidade de laminação, em peso, que uma campanha de cilindro pode processar e quilometragem a capacidade de laminação em comprimento. Ao final de uma campanha o cilindro é direcionado para a Oficina de Cilindros onde sofre reparos (Retífica, Jateamento, Cromagem, inspeção etc) que se julga necessário.

As Figuras 3.1 a 3.6 mostram o histórico de quilometragem e tonelagem no período de junho/15 à dez/15.

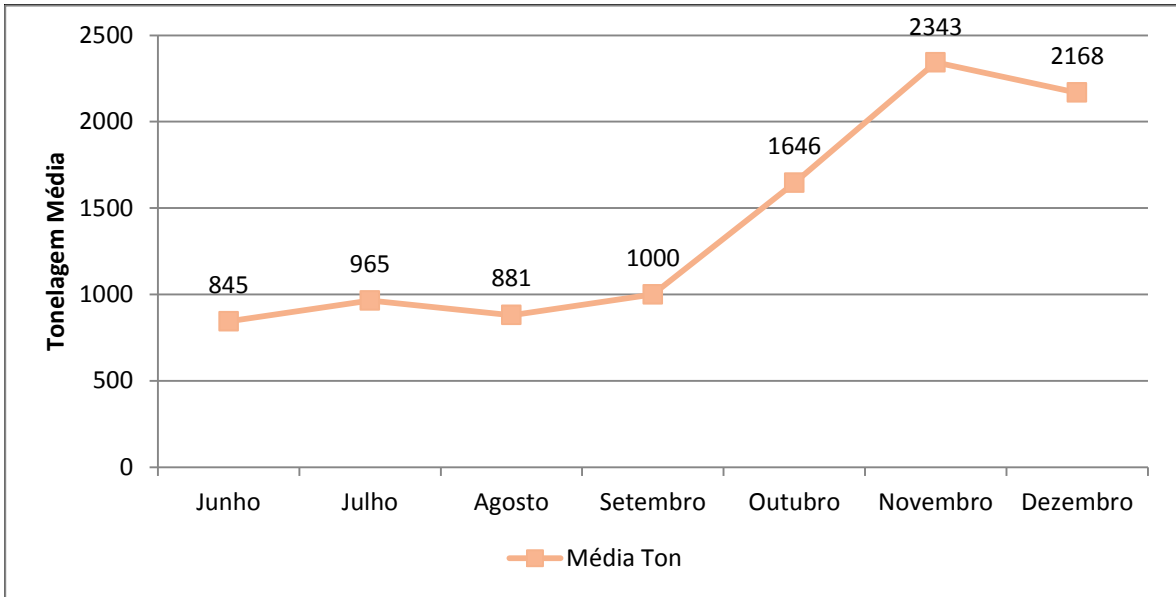


Figura 3.1 – Tonelagem média de cilindros na cadeira 1 do LTF

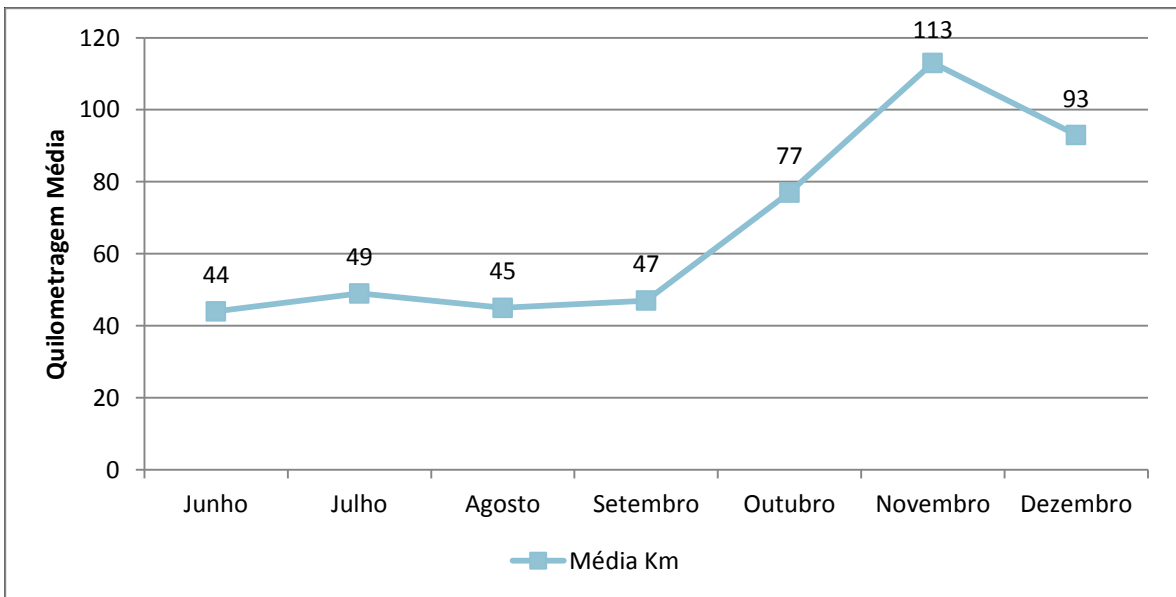


Figura 3.2 – Quilometragem média de cilindros na cadeira 1 do LTF

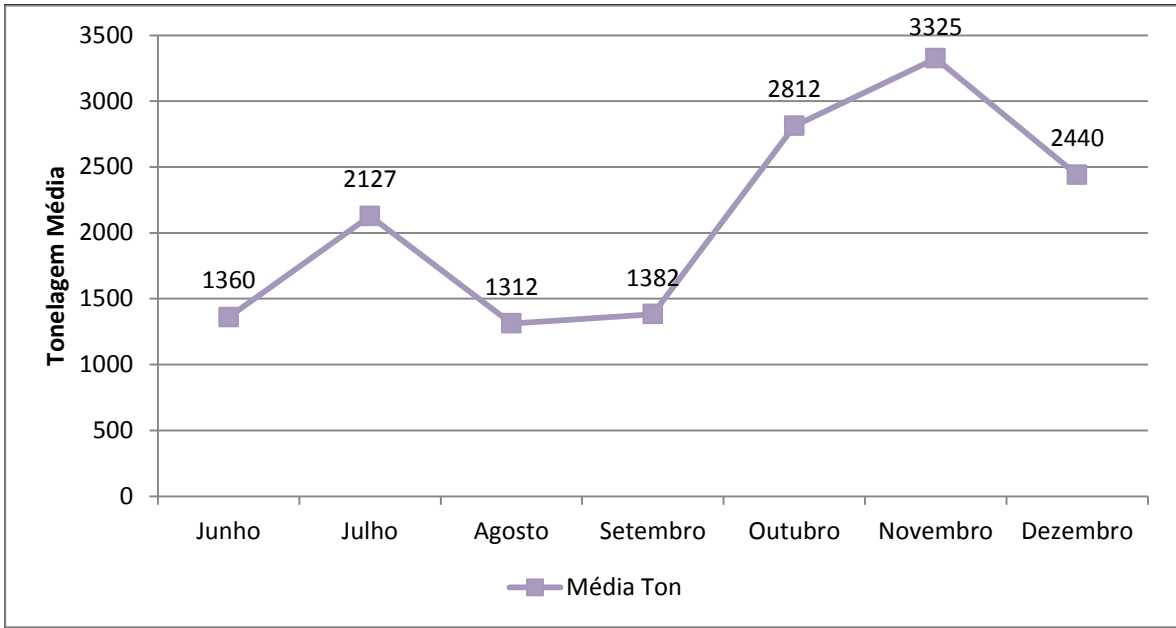


Figura 3.3 – Tonelagem média de cilindros na cadeira 2 do LTF

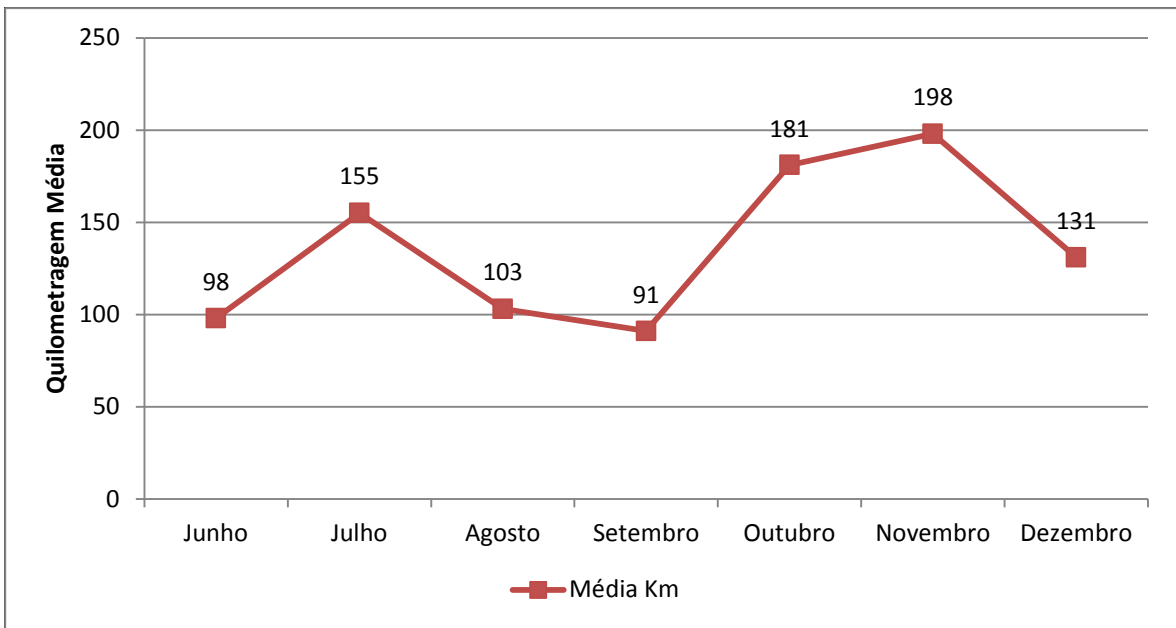


Figura 3.4 – Quilometragem média de cilindros na cadeira 2 do LTF

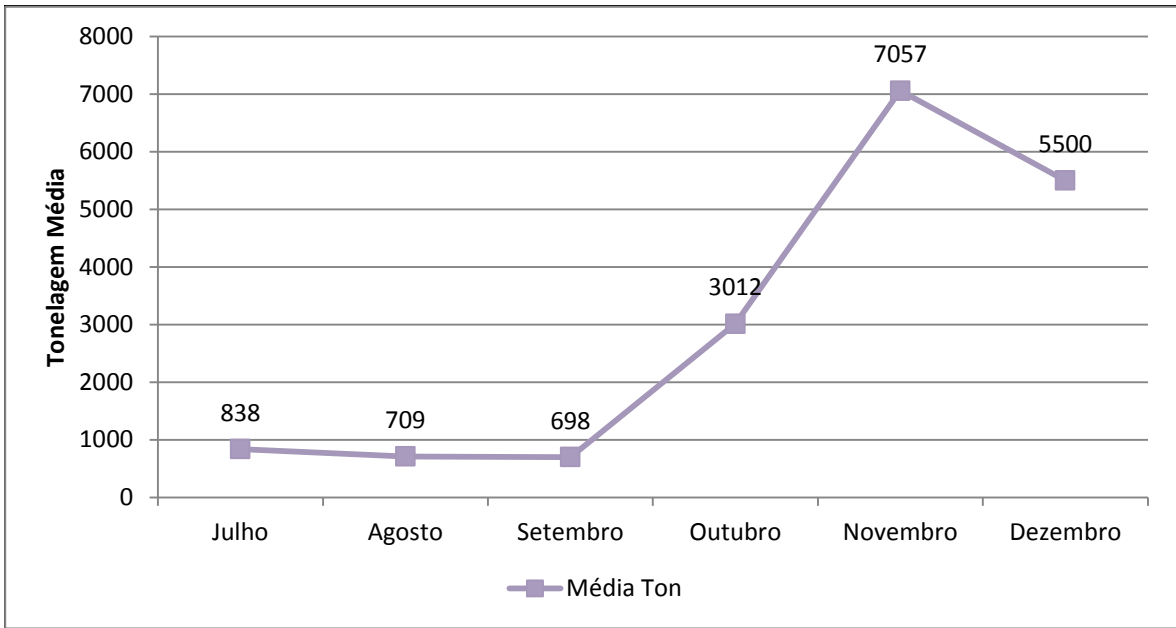


Figura 3.5 – Tonelagem média de cilindros no Laminador de Encruamento

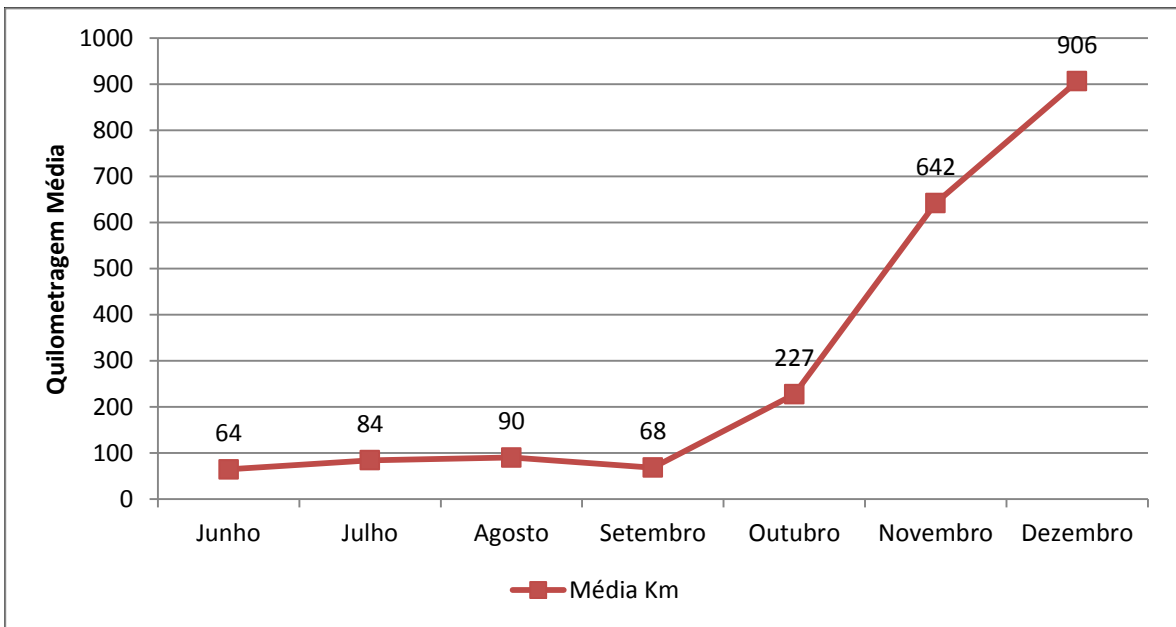


Figura 3.6 – Quilometragem média de cilindros no Laminador de Encruamento

3.1.2 Consumo de cilindros

O consumo de cilindros é dado pela quantidade desbastada durante a retífica do próprio cilindro na oficina. O valor consumido é contabilizado pelo diâmetro antes da retífica subtraindo do valor do diâmetro após a retífica. As Figuras de 3.7 a 3.9 mostram os valores obtidos.

Consumo de cilindros no Laminador de Tiras a Frio

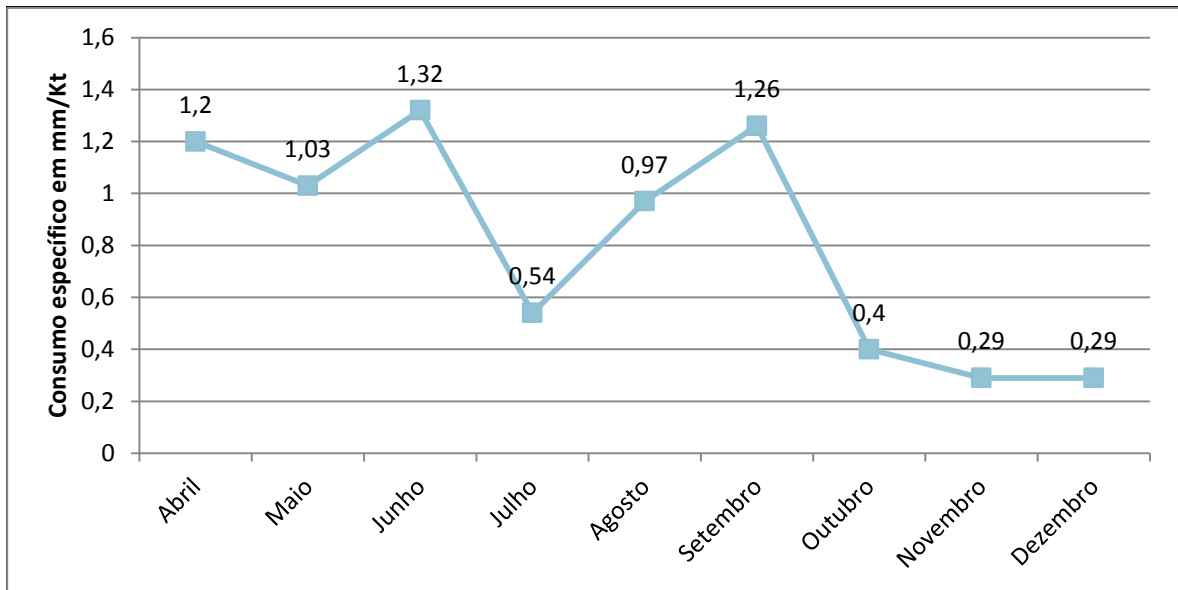


Figura 3.7 – Consumo específico de cilindros de trabalho na cadeira 1 do LTF

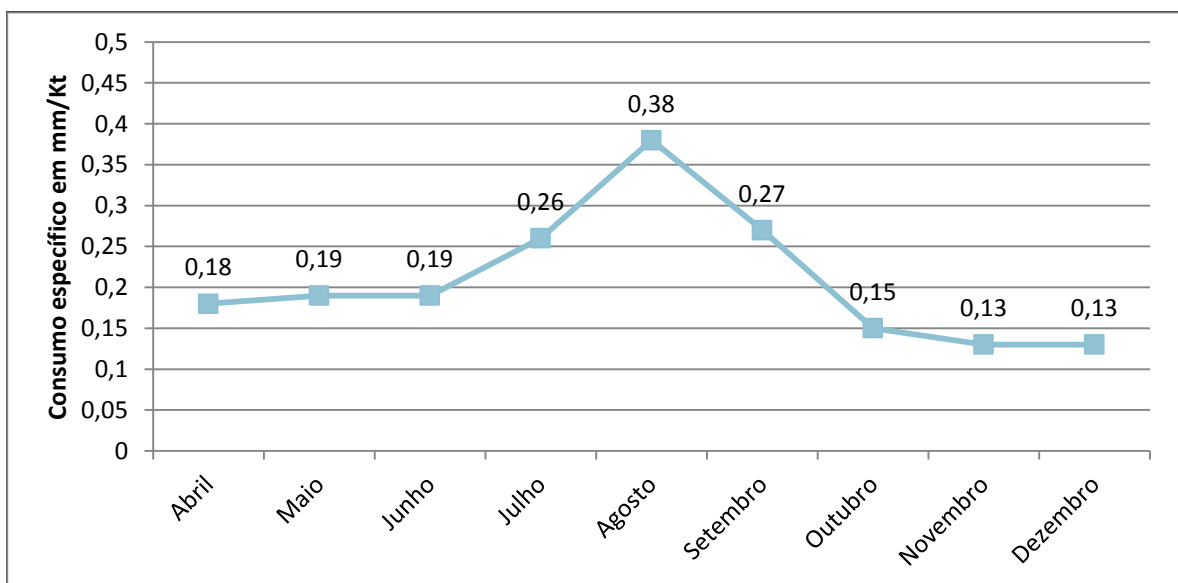


Figura 3.8 – Consumo específico de cilindros de trabalho na cadeira 2 do LTF

Consumo de cilindros no Laminador de Encruamento

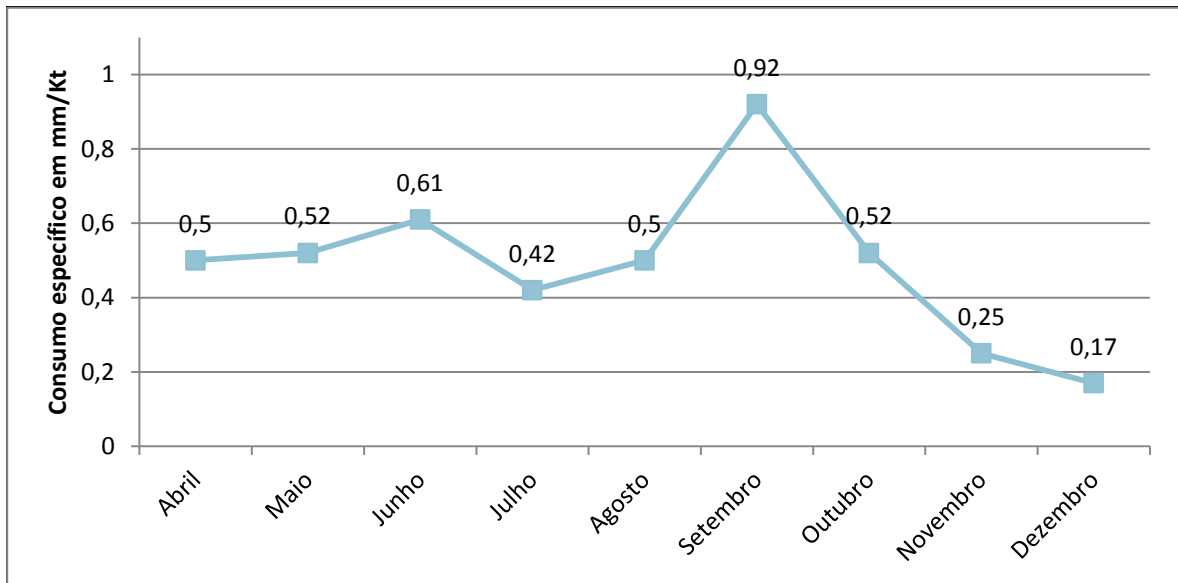


Figura 3.9 – Consumo específico dos cilindros de trabalho do LE

Conforme podemos observar nos gráficos (Figuras 3.10 a 3.12) a seguir, houve redução de consumo nos cilindros de encosto e intermediários do LE, porém, estes cilindros tiveram benefícios indiretos, ou seja, não foram cromados para realização dos testes.

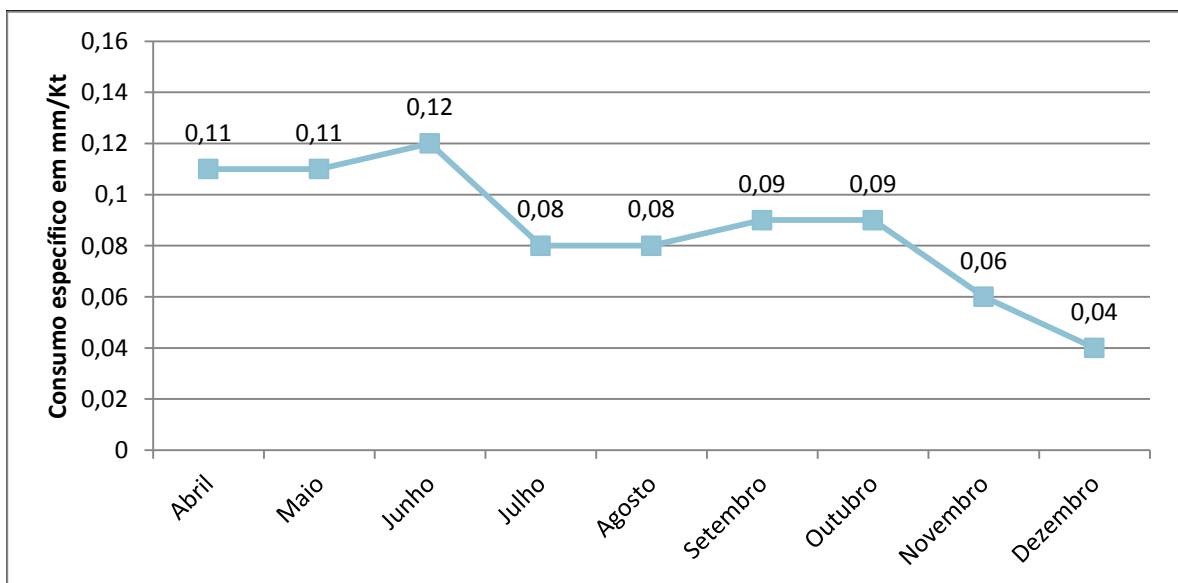


Figura 3.10 – Consumo específico dos cilindros de encosto do LE

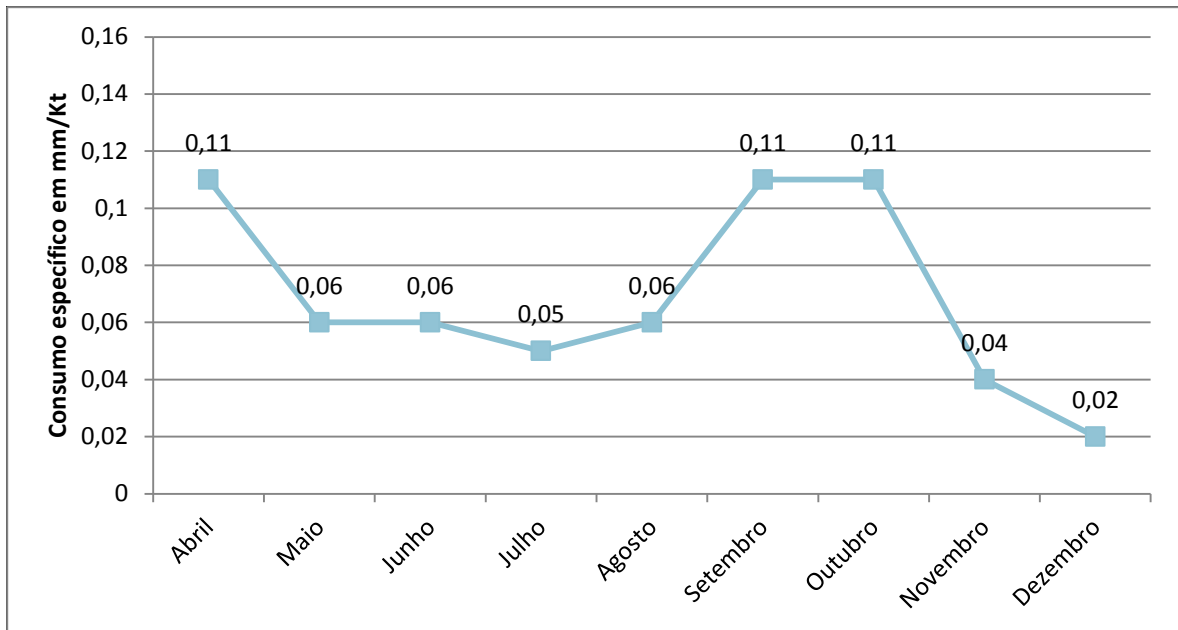


Figura 3.11 – Consumo específico dos cilindros intermediário do LE

3.1.3 Energia Elétrica

Um dos fatores críticos em termos de custo de produção na Laminação a Frio é o consumo de energia elétrica dos motores do equipamento. Alguns parâmetros influenciam diretamente o consumo de energia como velocidade de laminação (ton/h), % de redução de espessura, tipo de aço, temperatura de bobinamento e por último o coeficiente de atrito entre a chapa e os cilindros.

O coeficiente de atrito na laminação pode ser modificado por parâmetros como o estado da superfície do cilindro (Cilindro Cromado \neq Cilindro não Cromado), tipo e intensidade de lubrificação, temperatura de processo, quantidade e tipos de óxido na superfície da chapa, etc.

Tem-se para os cilindros cromados uma superfície enobrecida melhorando a qualidade superficial dos cilindros além de uma maior estabilidade na rugosidade dos mesmos. Fato é que, acredita-se que para os cilindros cromados, o consumo de energia cairá tanto para o laminador de tiras a frio (Onde se espera maior ganho) quanto para o Laminador de Encruamento.

Para uma avaliação concreta sobre esta redução, avaliamos o consumo de energia elétrica nos motores da cadeira 1 e 2 do LTF em função da qualidade do aço e grau de redução.

Uma redução do consumo de energia foi notada entre os meses de Outubro a Dezembro (Período do teste dos cilindros cromados). Aproximadamente 7,0 MWh/ton foi reduzido durante este período, como mostra a Figura 3.12.

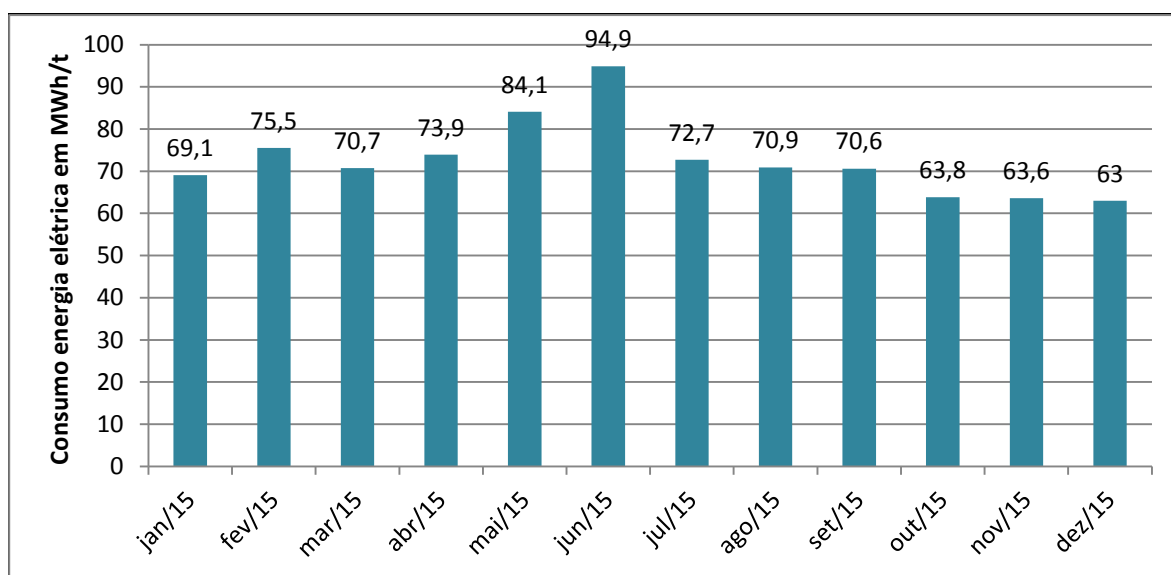


Figura 3.12 – Histórico de consumo de energia elétrica na cadeira 1 do LTF em 2015

3.1.4 Outros Parâmetros

Outro parâmetro que influencia na economia de energia é o número de cilindros retificados no mês. Com o aumento da tonelagem e quilometragem por campanha, o número de pares de cilindros retificados, por consequência diminui.

Por esse motivo, além do consumo de cilindros e de energia elétrica foram observadas reduções com os consumos de insumos da oficina de cilindros que são:

- Redução de rebolo da retífica de cilindros;
- Redução de óleo lubrificante;
- Redução com óleo de corte;
- Redução com granalhas;

3.2 Reduções de Consumo e Custo

A seguir veremos demonstrativos de consumos e custos e suas respectivas reduções que serão utilizadas para efetuar o estudo de viabilidade.

3.2.1 Insumos do LTF

Premissas:

- Preço médio do óleo de laminação do LTF..... R\$ 6,63 /litro
- Preço médio do detergente do LTFR\$ 6,83 /litro

Tabela 3.1 – Consumo específico de óleo de laminação e detergente no LTF

	Cilindros sem Cromagem	Cilindros Cromados	
	Consumo médio Média Jan a Set/15 (litros/mês)	Consumo médio Média Out a Dez/15 (litros/mês)	Redução de consumo mensal (litros/mês)
Óleo de laminação	16800	16000	800,00
Detergente	14000	12000	2000
Redução de consumo com insumos no LTF			2800

Tabela 3.2 – Redução de custo com óleo de laminação e detergente no LTF

	Cilindros sem Cromagem	Cilindros Cromados		
	Custo mensal (R\$/mês)	Custo mensal (R\$/mês)	Redução de custo mensal (R\$/mês)	Redução de custo mensal (%/mês)
Óleo de laminação	R\$ 111.384,00	R\$ 106.080,00	R\$ 5.304,00	4,76%
Detergente	R\$ 95.620,00	R\$ 81.960,00	R\$ 13.660,00	14,29%
Redução de custo com insumos no LTF			R\$ 18.964,00	9,16%

3.2.2 Insumos na oficina de cilindros

Premissas:

- Preço médio das granalhas.....R\$ 2.247,25/t
- Preço médio do rebolo.....R\$ 1.170,48/unid
- Preço médio do óleo lubrificante.....R\$3,94/litro
- Preço médio do óleo de corte.....R\$2,78/litro

Tabela 3.3 – Redução de consumo com insumos na oficina de cilindros

	Cilindros sem Cromagem	Cilindros Cromados	Redução de consumo mensal
	Consumo médio Média Jan a Set/15 (mm/mês)	Consumo médio Média Out a Dez/15 (mm/mês)	
Granalhas (ton)	3,22	1,87	1,35
Rebolo (unidade)	2,12	1,41	0,71
Óleo Lubrificante (litro)	264,94	176,58	88,36
Óleo de corte (litro)	185,28	123,49	61,79

Tabela 3.4 – Redução de custo com insumos na oficina de cilindros

	Cilindros sem Cromagem		Cilindros Cromados		Redução de custo mensal (R\$/mês)	Redução de custo mensal (%/mês)
	Custo mensal (R\$/mês)		Custo mensal (R\$/mês)			
Granalhas	R\$	7.233,51	R\$	4.208,59	R\$ 3.024,92	41,82%
Rebolo	R\$	2.478,72	R\$	1.652,04	R\$ 826,68	33,35%
Óleo Lubrificante	R\$	1.043,85	R\$	695,71	R\$ 348,14	33,35%
Óleo de corte	R\$	515,07	R\$	343,29	R\$ 171,78	33,35%
Redução de custo com insumos na oficina de cilindros					R\$ 4.371,52	38,79%

3.2.3 Usinagem de cilindros de trabalho do LTF e LE

Premissas:

- Preço médio do CT da CAD 1 e 2 do LTF.....R\$ 60.654,17
- Preço médio do CT do LE.....R\$ 53.978,56
- Vida útil do cilindro de trabalho das CAD's 1 e 2 do LTF.....67,5mm
- Vida útil do cilindro de trabalho do LE.....70 mm

Tabela 3.5 – Redução de consumo com usinagem de cilindros de trabalho

	Cilindros sem Cromagem	Cilindros Cromados	Redução de consumo mensal (mm/mês)
	Consumo médio Média Jan a Set/15 (mm/mês)	Consumo médio Média Out a Dez/15 (mm/mês)	
LTF CAD 1	36,04	23,70	12,30
LTF CAD 2	9,65	7,18	2,47
LE	24,15	4,58	19,57
Redução de consumo com usinagem			14,79

Tabela 3.6 – Redução de custo com usinagem de cilindros de trabalho

	Cilindros sem Cromagem	Cilindros Cromados	Redução de custo mensal (R\$/mês)	Redução de custo mensal (%/mês)
	Custo mensal (R\$/mês)	Custo mensal (R\$/mês)		
LTF CAD 1	R\$ 32.384,83	R\$ 21.314,32	R\$ 11.070,51	34,18%
LTF CAD 2	R\$ 8.671,30	R\$ 6.451,81	R\$ 2.219,49	25,60%
LE	R\$ 18.622,60	R\$ 3.531,74	R\$ 15.090,86	81,04%
Redução de custo com usinagem			R\$ 28.380,87	47,56%

3.2.4 Usinagem de CI e CE do LE

Premissas:

- Preço médio do cilindro intermediário do LE.....R\$ 55.722,09
- Preço médio do cilindro de encosto do LE.....R\$391.328,00
- Vida útil do cilindro intermediário do LE.....50mm
- Vida útil do cilindro de encosto do LE.....110mm

Tabela 3.7 – Redução de consumo com cilindros intermediário e de encosto do LE

	Cilindros sem Cromagem	Cilindros Cromados	Redução de consumo mensal (mm/mês)
	Consumo médio Média Jan a Set/15 (mm/mês)	Consumo médio Média Out a Dez/15 (mm/mês)	
Cilindro Intermediário	4,40	3,20	1,20
Cilindro de Encosto	3,20	2,80	0,40
Redução de consumo com usinagem			1,6

Tabela 3.8 – Redução de custo com usinagem de cilindros intermediário e encosto do LE

	Cilindros sem Cromagem	Cilindros Cromados	Redução de custo mensal (R\$/mês)	Redução de custo mensal (%/mês)
	Custo mensal (R\$/mês)	Custo mensal (R\$/mês)		
Cilindro Intermediário	R\$ 4.903,54	R\$ 3.566,21	R\$ 1.337,33	27,27%
Cilindro de Encosto	R\$ 11.384,09	R\$ 9.961,08	R\$ 1.423,01	12,50%
Redução de custo com usinagem			R\$ 2.760,34	16,95%

3.2.5 Energia elétrica no LTF e no LE

Premissas:

- Tarifa de consumo de Energia Elétrica.....R\$ 304,96 /MWh
- Consumo projetado p/40kt no LTF (base ORÇ2016).....3021,20 MWh
- Consumo projetado p/40kt no LE (base ORÇ2016).....494,20 MWh

Tabela 3.9 – Redução de consumo e custo com energia elétrica no LTF e LE

	Redução de Consumo (MWh/mês)	Redução de custo de energia elétrica (R\$/mês)
LTF	221,10	R\$ 67.426,66
LE	18,30	R\$ 5.580,77
Redução mensal	239,40	R\$ 73.007,42

3.3 Custos Adicionais

Tabela 3.10 – Custos adicionais com cromagem e transporte

	Cilindros sem cromagem	Cilindros Cromados			
	Custo de usinagem (R\$/mês)	Custo de usinagem (R\$/mês)	Custo com cromagem (R\$/mês)	Custo do frete (R\$/mês)	Custo total cilindros cromados (R\$/mês)
LTF CAD 1	R\$ 32.384,83	R\$ 21.314,32	R\$ 31.125,58	R\$ 35.279,51	R\$ 87.719,41
LTF CAD 2	R\$ 8.671,30	R\$ 6.451,81	R\$ 17.572,38	R\$ 19.917,54	R\$ 43.941,73
LE	R\$ 18.622,60	R\$ 3.531,74	R\$ 18.710,80	R\$ 21.207,90	R\$ 43.450,44
Total	R\$ 59.678,74	R\$ 31.297,87	R\$ 67.408,76	R\$ 76.404,95	R\$ 175.111,58
Custo Adicional Mensal					R\$ 115.432,84

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Para os cálculos do fluxo de caixa, construiu-se uma planilha com o fluxo de caixa em estrutura similar àquele apresentado na Tabela 2.1. Como premissas, utilizou-se 34% como alíquota de imposto de renda, TMA de 0,797% ao mês e depreciação de 0,830% ao mês. O projeto foi avaliado para um período de 120 meses (10 anos).

A Tabela 4.1 apresenta os três primeiros meses deste fluxo de caixa.

Tabela 4.1 – Fluxo de caixa para os 3 primeiros meses

		Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3
(1) Redução de custos com Cromagem	R\$	0	127.484	127.484	127.484
Óleo de laminação e detergente	R\$		18.964	18.964	18.964
Granalhas / Rebolos / Óleo Lubrificante / Óleo de corte	R\$		4.372	4.372	4.372
Usinagem CT CAD 1 e 2 e LE	R\$		28.381	28.381	28.381
Usinagem CI e CE do LE	R\$		2.760	2.760	2.760
Energia Elétrica	R\$		73.007	73.007	73.007
(2) Custos de frete e cromagem	R\$	0	115.433	115.433	115.433
(1) - (2) EBITDA	R\$	0	12.051	12.051	12.051
EBITDA	R\$mil	0	12	12	12
(-) Depreciação	R\$mil	0	-2	-2	-2
Lucro Tributável	R\$mil		10	10	10
(-) IR	R\$mil	0	-4	-4	-4
Lucro Líquido	R\$mil	0	7	7	7
(+) Depreciação	R\$mil	0	2	2	2
(-) Capex	R\$mil	-210			
Fluxo de Caixa Livre	R\$mil	-210	9	9	9
Fluxo de Caixa Descontado	R\$mil	-210	8	8	8
FC Descontado Acumulado	R\$mil	-210	-202	-193	-185

A Tabela 4.1 mostra os indicadores resultantes da avaliação do fluxo de caixa deste projeto.

Tabela 4.2 – Resultados da Avaliação Econômica

TIR (% ao mês)	4,00%
VPL (R\$mil)	449
Payback (meses)	27,40

Atendendo ao propósito inicial deste trabalho, que consiste em verificar se é economicamente viável em fazer um investimento inicial de R\$ 210.000,00 com cromagem e transporte de cilindros e se os benefícios e custos mensais são suficientes para absorver a depreciação e IR, conclui-se que a proposta é viável para o cenário e nível de produção de 40kt/mês no LTF e LE, pois os benefícios esperados são suficientes para absorver o investimento inicial e custos adicionais dos serviços de cromagem e dos respectivos transportes dos cilindros entre a usina e o fornecedor.

É possível observar que mesmo com imposto de renda e depreciação, o investimento é pago (payback) no 28º mês, e que TIR é mais atrativa do que a TMA.

4.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para continuação deste trabalho, minha sugestão é que seja feita análise considerando produções acima de 40kt/mês, e verificar o nível de viabilidade econômica.

Além disso, sugiro efetuar este estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização de cilindros cromados nas cadeiras 3 e 4 do LTF e nos cilindros de encosto do LTF e LE.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Breno. **Administração Financeira e Análise de Investimento**. Belo Horizonte: IBMEC, 2009.

WOILER, Samsão; MATHIAS, Washington Franco. **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. São Paulo: Atlas, 1996.

GASLENE, Alain; FENSTERSEIFER, Jaime E.; LAMB, Roberto. **Decisões de investimentos na empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

FILHO, Nelson C.; KOPITKE, Bruno H. **Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 9. ed. 6 reimpr. São Paulo: Atlas, 2006.

LEITE, Helio de Paula. **Introdução a Administração Financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

LAPPONI, Juan Carlos. **Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa**. São Paulo: Lapponi, v.7, 2000.

MOURÃO, M. B. et al. **Introdução à siderurgia**. Associação brasileira de metalurgia e Materiais. São Paulo, 428p, 2007.

SCHAEFFER, L **Conformação Mecânica**. 2ª edição. Porto Alegre: Editora Imprensa Livre, 2004. 170p.

WANG, L.; KIM, D.S.; NAM K.S.; KIM M.; KWON S.C. Microstructure of electroplated hard chromium coatings after plasma nitrocarburizing. **Surface & Coatings Technology**. v.190, p 151-154, 2005.

TAYLOR, James L.; **Dicionário Metalúrgico**, 2ª edição. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Minerais, 2000.

American Society for Metals International. ASM Handbook: **Surface Engineering**. **Materials Park**, OH: ASM International, 1994. v. 5 1056 p.

CHIU L. H.; YANG C.F.; HSIEH W.C.; CHENG A.S. Effect of contact pressure on wear resistance of AISI H13 tool steels with chromium nitride and hard chromium coatings. **Surface Coatings and Technology**, p. 282 288, 2002.