

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

KARL KRISTIAN BAGGER

**AVALIAÇÃO DA CAMPANHA DE CILINDROS DE LAMINAÇÃO COM E SEM
REVESTIMENTO DE CROMO E OS EFEITOS NA MOLHABILIDADE DOS
FLUIDOS DE REFRIGERAÇÃO**

SANTOS/SP

2018

KARL KRISTIAN BAGGER

**AVALIAÇÃO DA CAMPANHA DE CILINDROS DE LAMINAÇÃO COM E SEM
REVESTIMENTO DE CROMO E OS EFEITOS NA MOLHABILIDADE DOS
FLUIDOS DE REFRIGERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Felipe Bertelli.

SANTOS/SP

2018

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Bagger, Karl Kristian.

Avaliação da campanha de cilindros de laminação com e sem revestimento de cromo e os efeitos na molhabilidade dos fluidos de refrigeração. / Karl Kristian Bagger - 2018
80 f.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Bertelli

Dissertação (Mestrado) - Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2018.

1. Molhabilidade. 2. Fluidos de Laminação. 3. Revestimento de cilindros. 4. Cilindros de laminação. 5. Processos de Laminação a frio.

I. Bertelli, Felipe, Prof. Dr., orientador.

Dedico este trabalho aos meus filhos Karen, Erik e Tom, que muitas vezes deixei de compartilhar meu tempo para me dedicar à elaboração deste e à minha amiga e companheira Sandra, que me apoiou sempre com suas palavras de incentivo e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao meu orientador, professor doutor Felipe Bertelli, primeiro pelas suas orientações, recomendações, e nas horas mais complicadas pelo seu apoio e compreensão, a todo o corpo docente pelas suas aulas e ao atendimento sempre muito pontual das secretárias do departamento Sandra e Imaculada sempre solícitas e eficientes no apoio.

Ao companheiro de trabalho de muitas jornadas, Eng^o Célio Souza do Rosário, da Gerência Técnica das Laminações Usiminas Cubatão, por seu auxílio na tarefa de coleta de amostras.

Ao amigo, Mateus Alexandre da Silva, gerente geral da laminação a frio Usiminas Cubatão por seu apoio e incentivo.

Ao amigo, Antônio Fabiano de Oliveira, gerente da CRC unidade Mauá que realizou o tratamento no corpo de prova para os ensaios.

Ao Pesquisador, Dr. R.P.J.M. Rob Smits, do Centro de Pesquisas Quaker BV Holanda e pela realização dos ensaios no goniômetro e as proveitosas discussões técnicas.

Aos especialistas, Amauri Norbiato e Gabriel Moreno, da Quaker Brasil pelas discussões e envio das amostras à Holanda para ensaios de molhabilidade.

Aos Professores, Jorge Henrique Gomes Mendanha e Damião Borges, da ETEC Escolástica Rosa, Santos, pelo apoio na realização dos ensaios mecânicos.

Ao técnico, Benedito Chivites, pelo apoio e realização de ensaios mecânicos nos Laboratórios Mecânicos da Usiminas Cubatão.

Ao meu querido primo, Jose Domingos, pelo suporte para vencer minhas dúvidas nas questões de TI.

RESUMO

A produção mundial de aço apresenta um cenário muito competitivo devido aos elevados volumes de produtos introduzidos pelo mercado asiático. Conseqüentemente, os processos industriais precisam sempre ser estudados, para se conhecer os mecanismos que ainda não tenham sido explorados a fim de agregar aumento na produtividade e redução de custos. Os cilindros de laminação, assunto amplamente estudado por diversos autores, tem uma importância fundamental para o acabamento superficial e precisão dimensional dos produtos. A prática do revestimento da superfície destes cilindros empregados nos laminadores a frio com o elemento cromo visa aumentar a campanha ou tempo de uso destes, pela redução de seu desgaste pelo aumento da dureza superficial, desta forma, garantindo maior homogeneidade na superfície do produto semiacabado. Outro fator de importância na análise de desempenho e durabilidade de cilindros é a formação de filmes de fluidos de lubrificação e resfriamento. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a molhabilidade do fluido de laminação na superfície de cilindros e comparar os resultados entre as superfícies revestidas com e sem cromo. Além disso, foram avaliados os ângulos de contato para diferentes percentuais de concentração do fluido de laminação. Foram utilizados cilindros de aço convencionais (forjados e com teor de 4,5% em peso de cromo) e revestidos com cromo, que foram tratados superficialmente por jateamento de granalha para se obter diferentes rugosidades e acabamentos de superfície. Os resultados revelam que a vida útil dos cilindros se eleva com utilização do revestimento. As campanhas de cada cilindro na unidade de produção indicaram que houve um aumento de até 200% na campanha para os cilindros revestidos com cromo. Os cilindros revestidos apresentaram uma melhor molhabilidade em relação aos não revestidos em todas as condições. Já os cilindros sem revestimento apresentaram melhores resultados para composições de soluto maiores.

Palavras Chave: Molhabilidade. Fluidos de laminação. Revestimento de cilindros. Cilindros de Laminação, Laminação a frio.

ABSTRACT

The world steel production presents a very competitive scenario due to the high volumes of products introduced by the Asian market. Consequently, industrial processes must always be studied, in order to know the mechanisms that have not yet been explored to increase productivity and reduce costs. The role of the rolls in the mills is a subject widely studied by several authors, is fundamental for the surface finish and dimensional accuracy of the products. The practice of coating the surface of these cylinders used in the cold rolling mills with the chrome element aims to increase the number of them, reducing their wear by increasing the surface hardness, besides guaranteeing a greater homogeneity in the surface of the semi-finished product. Another factor of importance in the analysis of performance and durability of cylinders is the formation and films of lubrication and cooling fluids. The present work aims to evaluate the wettability of the rolling fluid on the surface of cylinders and to compare the results between the surfaces coated with and without chromium. In addition, the wetting angles were evaluated for different concentration percentages of the rolling fluid. Standard steel cylinders (forged and containing 4,5% by weight of chromium) and chromium plated were used, which were surface treated by shot blasting to obtain different roughnesses and surface finishes. The results show that the life of the cylinders rises with use of the coating, as expected. Campaigns for each cylinder in the production unit indicated that there was an increase of up to 200% in the campaign for chrome plated cylinders. Chromium coated samples showed better wettability over uncoated under all conditions. Uncoated cylinders presented better results for larger solute compositions.

Keywords: Wettability. Rolling fluids. Rolls surface coating. Rolls for Cold Rolling.
Cold Rolling

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Laminador de tiras a frio.....	18
Figura 2 - Diagrama esquemático do Laminador tiras a frio da Usiminas de Cubatão	19
Figura 3 - Laminador Skin Pass	20
Figura 4 - Desenho esquemático da tira passando entre os cilindros e as forças aplicadas	22
Figura 5 - Coletor de refrigeração / lubrificação aplicando a emulsão sobre cilindro/chapa	23
Figura 6 - Aplicação esquemática da película de fluído retida pela rugosidade dos cilindros.....	24
Figura 7 - Influência do tamanho Médio da Gota na Limpeza Superficial do produto.....	24
Figura 8 - Escorregamento em % na cadeira em relação à campanha laminada.....	25
Figura 9 - Redução da rugosidade ao longo da campanha em quilômetros.....	26
Figura 10 - Modelo Young para tensão superficial das três fases na linha de contato de uma gota.	27
Figura 11 - Variação da tensão superficial da do gota em função da energia de superfície Fonte: https://www.kruss- scientific.com/services/education-theory/glossary/contact- angle	28
Figura 12 - Retificadora Farrel Giustina – Modelo 36” X 16’.....	31
Figura 13 - Jateador de granalha de aço.	32
Figura 14 - Cilindro Preparado com as 4 superfícies de estudo.....	33
Figura 15 - Amostra retificada	34
Figura 16 - Amostra retificada cromada	34
Figura 17 - Amostra jateada	34
Figura 18 - Amostra jateada cromada	34
Figura 19 - Medição da rugosidade superficial do cilindro com aparelho Taylor Hobson Surtronic 25+	35

Figura 20 - Durômetro digital Micro Hardness Tester marca TIME modelo MHV2000.....	36
Figura 21 - Goniômetro do Centro de Pesquisas	37
Figura 22 - Amostra retificada cromada. Seção transversal, com aumento de 1000X.	39
Figura 23 - Amostra retificada cromada, vista superior com aumento de 100X.	39
Figura 24 - Amostra jateada cromada. Seção transversal, com aumento de 1000X	40
Figura 25 - Amostra jateada cromada, vista superior com aumento de 100X	40
Figura 26 - Amostra Retificada (a) e Jateada (b), ambas cromadas. Vista superior com aumento de 500X.....	41
Figura 27 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície retificada	44
Figura 28 - Superfície retificada e soluções de 1,5% (a) e 2,5%(b), respectivamente, na emulsão de laminação	44
Figura 29 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície retificada cromada	45
Figura 30 - Superfície retificada cromada, com soluções de 1,5% (a) e 2,5%(b), respectivamente, na emulsão de laminação	46
Figura 31 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície jateada	47
Figura 32 - Superfície jateada, com soluções de encruamento de 3% (a) e 5%(b), respectivamente.	47
Figura 33 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície jateada cromada	48
Figura 34 - Superfície jateada cromada, com soluções de encruamento de 3% (a) e 5%(b), respectivamente	49
Figura 35 – Gráfico do Resultado Geral.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição Química – Cilindro em massa	29
Quadro 2 - Características dos Fluidos	30
Quadro 3 - Características do processo retificação de acabamento	31
Quadro 4 - Parâmetros de Processo de Jateamento	32
Quadro 5 - Calibração do Rugosímetro Taylor Hobson, modelo Sutronic 25+	35
Quadro 6 - Concentrações dos fluidos (percentual em massa).....	37
Quadro 7 – Rugosidade das Amostras por Superfície	38
Quadro 8 - Microdureza Superficial das Amostras	42
Quadro 9 - Planejamento Experimental	43
Quadro 10 - Comparação da produção do cilindro da cadeira 3	49
Quadro 11 - Campanha do cilindro no Laminador Skin Pass.....	50
Quadro 12 - Resumo Geral do Trabalho	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FISQ	–	Ficha de Segurança de Produto Químico
GNO	–	Aços de Grão Não Orientado
HSLA	–	Aços Alta Resistencia Baixa Liga
RA	–	Medida de Rugosidade
v_1	–	Velocidade de entrada da tira
v_2	–	Velocidade de saída da tira
Mt	–	Milhão de toneladas
F_1	–	Força atrito avante
F_2	–	Força de atrito a ré
V	–	Velocidade periférica do cilindro
S_v	–	Tensão superficial vapor sólido
S_l	–	Tensão superficial sólido líquido
L_v	–	Tensão superficial líquido vapor
rpm	–	Rotações por minuto
mpm	–	Metros por minuto
A	–	Ampère
HsC	–	Dureza superficial shore C
h_1	–	Espessura de entrada
h_2	–	Espessura de saída
R	–	Raio do Cilindro
P	–	Potência de Laminação
σ	–	Tensão avante e tensão a ré
w	–	Largura do produto

LISTA DE SÍMBOLOS QUÍMICOS

C	–	Carbono
Mn	–	Manganês
Si	–	Silício
P	–	Fósforo
Cr	–	Cromo
S	–	Enxofre
Ni	–	Níquel
Mo	–	Molibdênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Objetivo.....	16
1.2. Objetivos Secundários	16
1.3. Justificativa e Relevância do Tema.....	16
1.4. Organização da Dissertação.....	17
1.5. Efeito do atrito no processo de Laminação	18
1.6. Fundamentos Teóricos de Molhabilidade	27
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
2.1. Características do Cilindro de Laminação.....	29
2.2. Características dos Óleos de Laminação.....	30
2.3. Preparação do acabamento superficial do cilindro	30
2.4. Retificação do cilindro	31
2.5. Jateamento de cilindro	32
2.6. Cromação de cilindro	33
2.7. Preparação das amostras para ensaios.....	33
2.8. Ensaio de rugosidade	34
2.9. Ensaios Metalográficos	35
2.10.Ensaios de Microdureza.....	35
2.11.Preparação dos fluidos	36
2.12.Ensaios de molhabilidade	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
3.1. Medições de Rugosidade.....	38
3.2. Ensaios metalográficos	38
3.3. Ensaios de Microdureza.....	41
3.4. Ensaios de molhabilidade	43
3.5. Campanhas de Cilindros.....	49
4. CONCLUSÕES.....	54
ARTIGO	56
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXO A – Certificado de qualidade de cilindro	66
ANEXO B – Ficha de informações de segurança do produto - Solução de Encruamento	67
ANEXO C - Ficha de informações de segurança do produto - Emulsão de Laminação	72

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de aço apresenta um cenário muito competitivo com a recente modernização e crescimento do parque siderúrgico chinês. Atualmente, sua participação no mercado mundial, corresponde a aproximadamente a 50% do volume de produção, contribuindo para a diminuição dos preços internacionais. Os processos de fabricação sofrem mudanças contínuas para atender as demandas de qualidade e redução de custos. De acordo com a *World Steel Association*, em 2017 a China produziu 808,3 milhões de toneladas de aço, quando a produção mundial foi de 1,628 bilhões.

Na produção dos laminados planos, os cilindros de laminação conferem a qualidade aos produtos nos principais aspectos: acabamento superficial (rugosidades), planicidade, acurácia dimensional (espessura) e isenção de marcas superficiais. A garantia destes aspectos na tira laminada está diretamente relacionada com as características físico-mecânicas dos cilindros, de acordo com Cornélio (2006).

Os cilindros de laminação podem ser fabricados por vários processos como: fundição, forjamento entre outros, Seratoni (2008). Os cilindros mais utilizados nos processos de laminação a frio são produzidos pelo processo de forjamento, a partir de um tarugo de aço com teor de cromo de cerca 4,5%, sendo aplicados vários passos de aquecimento e forjamento, até atingir a forma e dimensão do esboço. Em seguida entram os processos de usinagem e tratamento térmico de têmpera e revenimento. Segundo Madias (2008) e Gonçalves Júnior (2011) os cilindros devem atender a duas características contraditórias, a resistência a desgaste pela sua dureza superficial e tenacidade para resistir a impacto.

No processo de laminação ocorre o desgaste da superfície do cilindro pelo contato com o material em processo. Uma das maneiras de se identificar este desgaste é através da avaliação da rugosidade superficial, ou seja, à medida em que o cilindro se desgasta há um decréscimo na rugosidade, a qual depende diretamente da dureza superficial (MADIAS, 2008; OLIVEIRA, 2012). Outra forma de se controlar o atrito entre as superfícies é através da utilização de fluidos de refrigeração. Estes contém aditivos que auxiliam na lubrificação e correto uso desses pode gerar uma maior efetividade neste controle (CABAL, 2001).

O tempo de utilização dos cilindros nos laminadores são denominados de campanha, período tal que o processamento deve manter suas condições operacionais estáveis e a manutenção de características no material processado atendam as especificações do produto final (planicidade, espessura, isenção de marcas entre outras). Após o término da campanha, os cilindros são direcionados ao processo de recondicionamento em oficina especializada onde ocorrem a inspeção visual e ultrassom, a retificação no diâmetro, a medição de dureza, ensaio de rugosidade e montados novamente nos mancais, preparados para uma nova campanha e assim sucessivamente, até atingirem o diâmetro final de uso para sucateamento.

O processo de laminação possibilita obter produtos com propriedades mecânicas controladas, dimensões precisas, aspecto superficial com bom acabamento e volumes em alta escala de produção (ROSÁRIO, 2014). Os materiais laminados a frio possuem uma versatilidade e larga aplicabilidade na indústria de transformação, de base, de bens de capital ou bens de consumo, construção civil, automotivos, móveis, utilidades domésticas e aplicações gerais (CORNÉLIO, 2006). O material em processamento sofre um trabalho mecânico, impondo-se uma deformação plástica, ou seja, supera-se o limite de escoamento do material com forças simultâneas de compressão e tração, com o objetivo de atingir as espessuras requeridas e impor características mecânicas desejadas à cada aplicação industrial.

Além disso, os cilindros de laminação representam cerca de 10% do custo operacional nos processos de laminação e o prolongamento de sua campanha afeta diretamente a produtividade dos laminadores (SANTOS, 2005). Estudos recentes revelam que o revestimento de cromo pode elevar a campanha de cilindros de laminação, o que acarreta na redução dos custos do processo (OLIVEIRA, 2012).

No estudo desenvolvido foram preparadas amostras com diferentes condições de acabamento superficial em um cilindro de laminação, para serem analisadas as condições de molhabilidade. Os aspectos avaliados foram: revestimento de cromo duro, a rugosidade superficial do cilindro e o tipo de fluido refrigerante, com a variação de sua concentração. Foram comparados dois fluidos refrigerantes e duas condições de superfície para verificação do efeito do revestimento de cromo nos cilindros sobre o aumento da campanha dos cilindros e a sua interação com o fluido de refrigeração e sua molhabilidade.

1.1. Objetivo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do revestimento de cromo em cilindros de laminação, com diferentes condições de acabamento superficial, sobre a molhabilidade dos fluidos de refrigeração com diferentes teores de soluto.

1.2. Objetivos Secundários

Avaliar a homogeneidade da espessura do revestimento de cromo em cilindros de laminação com diferentes condições de acabamento superficial e comprovar que, com o revestimento, há um aumento da campanha pela redução do desgaste através da análise da produtividade dos mesmos.

1.3. Justificativa e Relevância do Tema

A campanha dos cilindros de laminação é definida em cada laminador de acordo com o tempo de permanência no equipamento por tonelagem ou quilometragem de tira processada. Neste período não poderão ocorrer alterações de desgaste que afetem o processo, como variações no atrito e conseqüentemente na força de laminação. Além disso, os atributos do produto, como planicidade, rugosidade superficial ou espessura da chapa devem permanecer uniformes ao longo do processo. Segundo Santos (2005) estima-se que o impacto no custo em laminadores de produtos planos chega a ser em torno de 10%. O controle deste desgaste e o prolongamento da campanha podem contribuir de forma significativa para o aumento da produtividade reduzindo as paradas para troca de cilindros (*set up*) do laminador, redução dos custos com cilindros e aqueles inerentes à usinagem para condicionamento. Um dos fatores que permite este controle do desgaste é a lubrificação através de fluidos de laminação, que devem formar filmes uniformes entre a chapa e o cilindro, segundo Gonçalves Jr (2011). Logo, fatores como acabamento superficial, elementos de revestimento de cilindros e teores de soluto devem ser avaliados simultaneamente.

1.4. Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

Na apresentação é abordada a importância do contexto competitivo do setor siderúrgico com a elevação dos níveis de produção da China. No capítulo 1 são apresentados os objetivos do trabalho, a justificativa e relevância do tema e as fundamentações teóricas, abordando o atrito na laminação e fundamentos da molhabilidade. No capítulo 2 são descritos os materiais utilizados, métodos e preparações realizadas no cilindro. No capítulo 3 são apresentados os resultados e as discussões dos ensaios realizados para a caracterização física, ensaios mecânicos e metalográfica das amostras dando apoio às discussões dos resultados nos ensaios de molhabilidade. Foram comparadas a molhabilidade nas amostras ensaiadas com as soluções de encruamento nas superfícies jateadas e comparadas com as jateadas cromadas. Também foram realizados ensaios com uma emulsão de laminação em amostras de superfície de cilindros retificados e retificados cromados, com duas concentrações distintas de emulsão.

. No capítulo 4 são apuradas as considerações finais referentes aos resultados e suas discussões. Ainda, são apuradas as contribuições do estudo para o processo de laminação e propostas de continuidade de estudos seguintes, abordando o tema de maneira continuada. Finalmente são apresentadas as conclusões e algumas sugestões para novas pesquisas.

A fundamentação teórica aborda brevemente os efeitos do atrito no processo de laminação e suas consequências. Em seguida são apresentados alguns dos fundamentos da molhabilidade para uma melhor compreensão da linha de trabalho adotada e desenvolvimento deste estudo. O cilindro estudado tem aplicação em dois laminadores que possuem funções diferentes: Laminador de tiras a frio e Laminador *Skin Pass* (Encruamento).

1.5. Efeito do atrito no processo de Laminação

A laminação é um processo de conformação que consiste na passagem de um corpo sólido entre dois cilindros que giram à mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários. Para obtenção de uma determinada dimensão da chapa, esta deve ser submetida a sucessivos passes através dos cilindros, com as distâncias entre si decrescentes. A utilização dos cilindros exige um preparo diferenciado, dependendo da posição no laminador ou até mesmo do tipo de laminador, Mendes apud Gonçalves Jr.(2011).

No laminador de tiras a frio, ocorre o processamento das bobinas laminadas a quente decapadas, onde as reduções são extremas, chegando a 82% de redução na espessura à temperatura ambiente.

Cada cadeira possui pares de cilindros com características específicas no preparo de sua superfície de acordo com Qiu(1999) . O acabamento superficial dos cilindros de trabalho interfere no atrito. Na Figura 1, a foto do laminador de tiras a frio de 4 cadeiras, Usiminas Cubatão.



Figura 1 – Laminador de tiras a frio
Fonte: Santos (2012)

O laminador de tiras a frio, abordado possui as seguintes características: tipo *tandem* não reversível, com quatro cadeiras, tipo *four high* (cada uma das cadeiras com quatro cilindros, sendo dois de trabalho que entram em contato direto com o material em processo e dois de encosto). Cadeira é a denominação dada ao conjunto de cilindros montados nos mancais que são instalados no laminador. A velocidade de saída máxima de até 1.000 metros por minuto (mpm), e é capaz de processar materiais com espessuras entre 0,38 e 3,00mm (PIRES, 2007).

Na Figura 2, a ilustração esquemática mostra a configuração de laminador de quatro cadeiras.

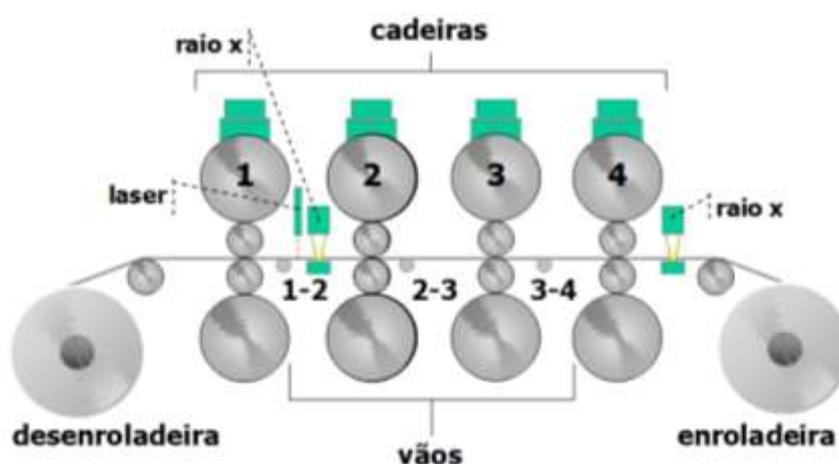


Figura 2 - Diagrama esquemático do Laminador tiras a frio da Usiminas de Cubatão
Fonte: Muratori (2006)

A cadeira 1 de entrada da tira é retificada, porém, com acabamento fosco de acordo com a norma para chapas NBR ISSO 4287, apresentando uma rugosidade que permita uma “mordida”, ou seja, um encaixe da ponta da chapa (CABAL,2005). A norma mencionada refere-se às condições de chapas e é utilizada como referência para os cilindros.

Nas cadeiras 2 e 3 utilizam-se rugosidades mínimas possíveis, com acabamento retificado e brilhante, com rugosidade aproximadamente de $0,5\mu\text{m}$, também segundo a norma NBR ISO 4287, reduzindo-se as cargas de laminação.

A cadeira acabadora 4 é empregada para impor rugosidades na chapa e ao mesmo tempo é onde ocorrem as menores deformações. São, portanto, empregados cilindros texturização por jateamento com granalha de aço, a fim de obter estas condições.

No Laminador de *Skin Pass*, o processo de laminação ocorre após a bobina laminada a frio ter sido recozida. Este processo consiste de uma laminação a frio, porém de baixa redução, próxima de 1%.

A função principal desta laminação é eliminar o patamar de transição elástico-plástico encontrado em aços de baixo carbono (DIETER, 1981; LESLIE 1982). Ainda, possui a finalidade de ajustar a planicidade da chapa e eliminar ondulações ou tensões residuais de resfriamento, imprimindo a rugosidade final do produto. A rugosidade final do produto é uma característica importante nos materiais para estampagem, pois auxilia a retenção de óleos entre a chapa e as ferramentas de conformação. Neste laminador, visto na foto da Figura 3, utilizam-se também cilindros com texturização, também com superfícies jateadas com granalha de aço.



Figura 3 - Laminador Skin Pass
Fonte: Usiminas

O controle do atrito no processo de laminação é fundamental, não devendo ser excessivo nem insuficiente. Segundo Wusatowski (1969), também constatado por Bhduri (2018), sendo excessivo pode provocar marcas na superfície do produto; sendo insuficiente, pode gerar escorregamento, dificultando o processo e podendo causar instabilidades e ruptura na tira (PIRES, 2007).

O atrito entre os cilindros e a superfície do metal é de grande importância na laminação. O atrito alto resulta em grandes forças de laminação, um acentuado máximo na curva de pressão e uma tendência de fissuramento nas bordas. Já um atrito baixo pode levar à patinação, impedindo que o metal seja puxado pelos cilindros, não ocorrendo a laminação (LOVATO, 2006).

Para garantir o resfriamento e a lubrificação dos cilindros no processo é utilizado um fluido que consiste em uma mistura de água e óleo, a fim de criar um filme lubrificante suficientemente uniforme, espesso e resistente, evitando parcialmente o contato direto entre o cilindro e o material. (SANTOS, 2012).

A relação da carga de laminação foi expressa por Ekelund (1969), relacionando o atrito, o raio de cilindros e as características físicas do material, conforme apresentado na equação 1:

$$\frac{P}{w} = (\sigma' - \sigma) \sqrt{R(h_1 - h_2)} \cdot \left[1 + \frac{1,6\mu\sqrt{R[(h_1 - h_2) - 1,2 \Delta h]}}{h_1 + h_2} \right] \quad (1),$$

sendo P, a carga de laminação, w é a largura do produto em processo, R raio do cilindro, h_2 a espessura de saída, h_1 a espessura de entrada, μ o coeficiente de atrito, onde σ' e σ são as tensões avante e a reversa respectivamente, também mencionado por Lovato (2006) . Logo, a potência é diretamente relacionada com o atrito e, dependendo do tipo de lubrificação, este valor pode ser sensivelmente alterado, de acordo com Pietzryk e Lenard (1991).

A manutenção do atrito estável garante o fluxo de massa contínuo, conforme a equação 2, aplicando-se a lei da continuidade, em Johnson (1985) entre a entrada e saída, tem-se:

$$h_1 \cdot v_1 = h_2 \cdot v_2 = h_n \cdot v_n = cte \quad (2),$$

sendo h_1 a espessura da tira na entrada, h_n a espessura da tira na saída, v_1 a velocidade da tira na entrada, v_n a velocidade da tira na saída. Mantendo-se o atrito

constante ao longo do processo, evita-se principalmente a ruptura entre vãos das cadeiras (PIRES, 2007) .

No começo da laminação, o atrito favorece o encaixe da ponta da tira na cadeira do laminador, exercendo uma tração avante e auxiliando a passagem da tira até o ponto neutro. Neste ponto, o atrito passa a exercer resistência ao fluxo de material que, aliado a compressão exercida pelos cilindros, impõe a deformação do material (JOHNSON, 1985).

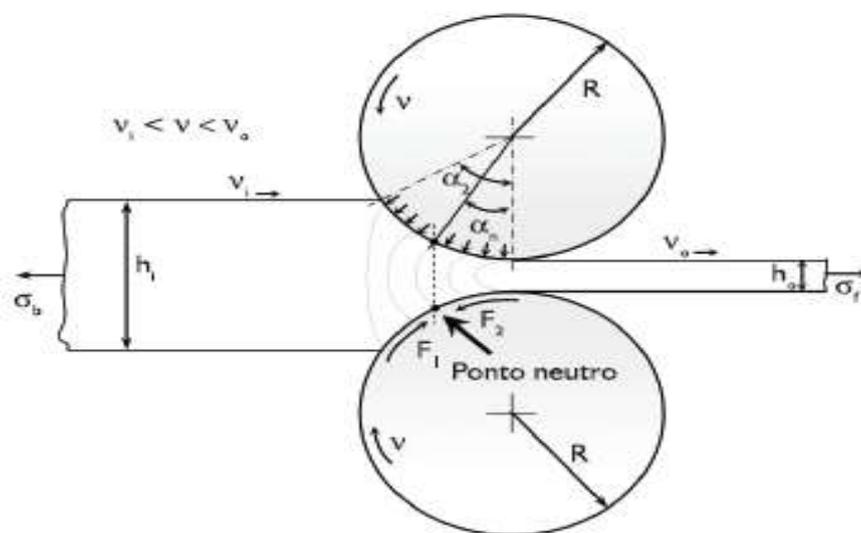


Figura 4 - Desenho esquemático da tira passando entre os cilindros e as forças aplicadas
Fonte : Muratori (2006)

Uma representação esquemática pode ser vista na Figura 4, onde o material com determinada espessura h_1 , passa pelos cilindros e sofre uma deformação para a espessura h_2 , sendo V_1 é a velocidade da tira na entrada, V_0 a velocidade da tira na saída, R representa o raio do cilindro, V a velocidade periférica do cilindro e F_1 e F_2 são as forças de atrito avante e a reverso.

O atrito tem também uma participação significativa no desgaste dos cilindros. O coeficiente de atrito pode ser modificado através de modificações nos parâmetros como tipo e intensidade de lubrificação, tipo de cilindro (material), diâmetro, acabamento superficial, entre outros (FABOSI, 2007). Os laminadores a frio são dotados de sistemas de refrigeração, que utilizam fluidos para refrigerar os cilindros. Estes fluidos são aplicados no conjunto na região do arco de contato cilindro/chapa, com o objetivo de extrair, manter as condições de atrito constantes, limpar a tira e prevenir o desgaste.

Os sistemas de refrigeração normalmente são conjuntos de reservatórios, bombas e tubulações, que aplicam os fluidos na tira e no cilindro. Atualmente, devido à escassez de recursos naturais ou seus custos elevados, em sua grande maioria estes trabalham em regime circuito fechado, recirculando num sistema de captação e aplicação. A Figura 5 apresenta um conjunto de coletores aplicando a emulsão sobre o conjunto cilindros/chapa.

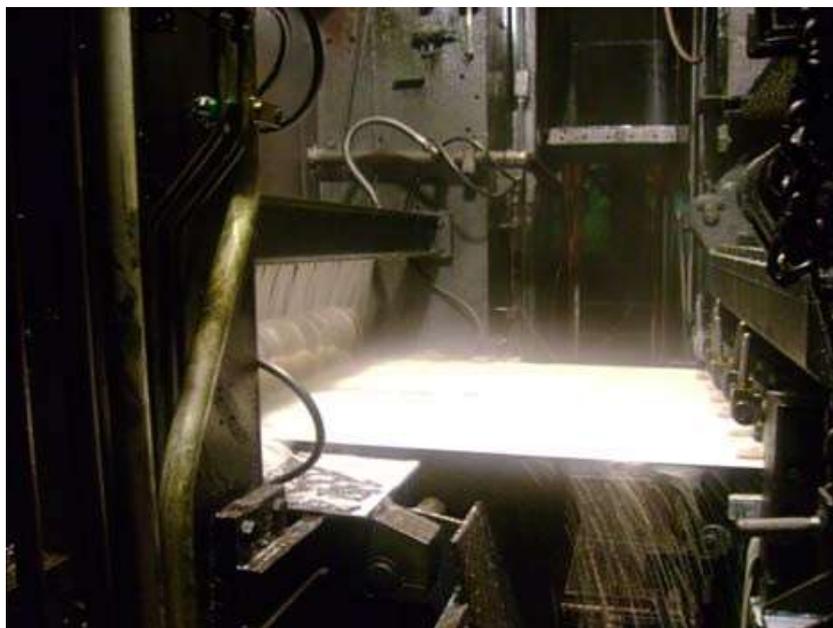


Figura 5 - Coletor de refrigeração / lubrificação aplicando a emulsão sobre cilindro/chapa
Fonte Santos (2012)

Os elementos tribológicos atuantes no processo de laminação são os cilindros, a chapa em processo e o fluido de refrigeração (LEITE, 2011). A formação da película de lubrificação pelo fluido ocorre entre os cilindros e a tira, e é devida à retenção hidrodinâmica nas cavidades, cuja função é de extrema importância para o controle do processo (RASP, 1998). As partículas contidas na solução são carregadas para as cavidades da superfície dos cilindros, conforme a Figura 6.

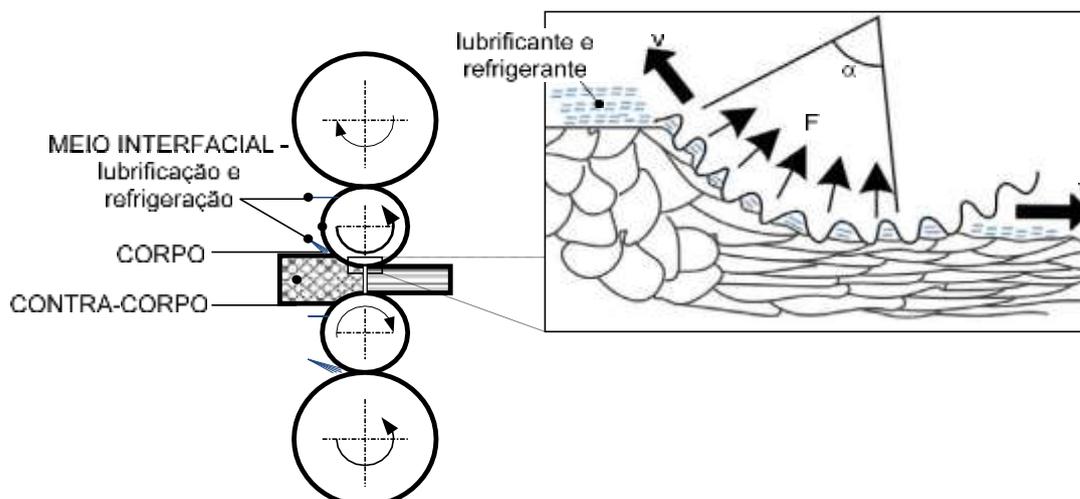


Figura 6 - Aplicação esquemática da película de fluido retida pela rugosidade dos cilindros.
Fonte : Leite (2011)

O desgaste ocorrido no processo devido ao contato entre tira e cilindro gera finos de ferro que impregnam a tira no final de processo. Em seu trabalho, usando um laminador de 4 cadeiras e uma emulsão com concentrações de óleo (soluto) na faixa de 1 a 3%, foi avaliado a limpeza superficial da tira ao final do processamento. O autor conclui que a gota do óleo de laminação (soluto) dentro da emulsão apresenta melhores resultados de limpeza da chapa quando o tamanho desta fica entre 4 e 5,5 μL , conforme mostra a Figura 7, (CABAL, 2001). O gráfico apresenta a influência da tensão superficial da emulsão na limpeza da tira, mediante análise do da refletância da amostra com finos de ferro, retirada ao final do processo em função do tamanho da gota formada com diferentes concentrações de óleo.

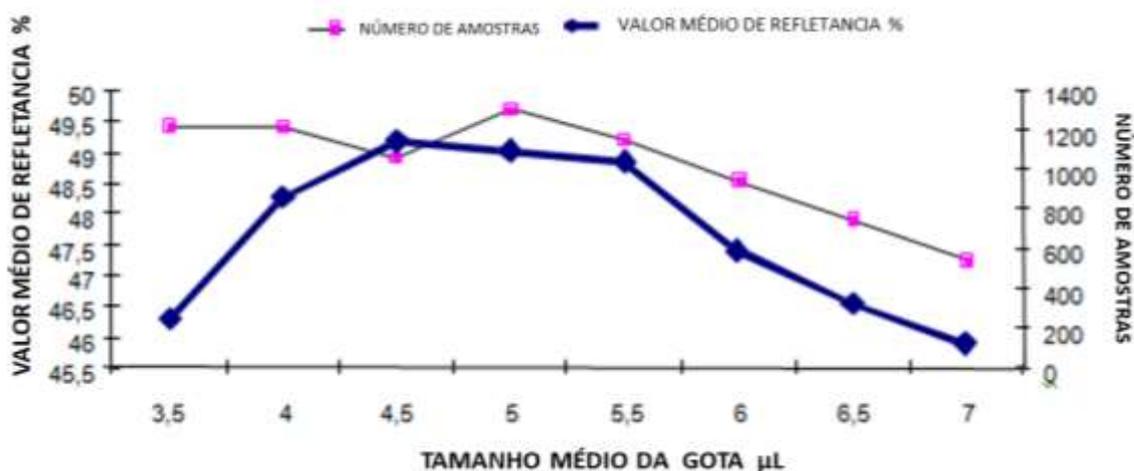


Figura 7 - Influência do tamanho Médio da Gota na Limpeza Superficial do produto
Fonte: CABAL (2001)

Esta variação de limpeza na superfície da chapa também pode ser verificada por outros trabalhos desenvolvidos (MELO, 2008; OLIVEIRA, 2011; QIU, 1999). Quanto maior o atrito, maior será a quantidade de finos de ferro formados, que serão notados no fluido de refrigeração, sendo observados pela diminuição da refletância da tira. A introdução do revestimento de cromo na superfície dos cilindros vem ocorrendo na prática industrial com benefícios ao processo, o que pode ser comprovado através de vários estudos desenvolvidos (OLIVEIRA, 2010, 2011). Os cilindros com revestimento de cromo aplicados na cadeira 1, apresentam uma variação no escorregamento menor do que quando os cilindros não são revestidos. Esta variação no escorregamento é indicativo do desgaste superficial dos cilindros que acarreta a redução da rugosidade e, por conseguinte a variação no atrito.

Com o uso de cilindros revestidos o processo apresenta uma estabilidade maior, reduzindo a incidências de trocas de cilindro por esse motivo aumentando sua campanha. Muratori (2012) realizou o estudo avaliando a variação do escorregamento, indiretamente o atrito, comparando as campanhas de cilindro com e sem cromo. Quando o percentual de escorregamento atinge valores negativos, significa dizer que o ponto neutro fica fora do arco de contato, dificultando o encaixe da tira, ou seja, na entrada da cadeira, desestabilizando o processo. Observa-se pelo gráfico na Figura 8 que os valores negativos para cilindros não cromados são atingidos com campanhas abaixo de 72,7 km de material processado, enquanto que para os cilindros revestidos, este valor ultrapassa os 210 km.

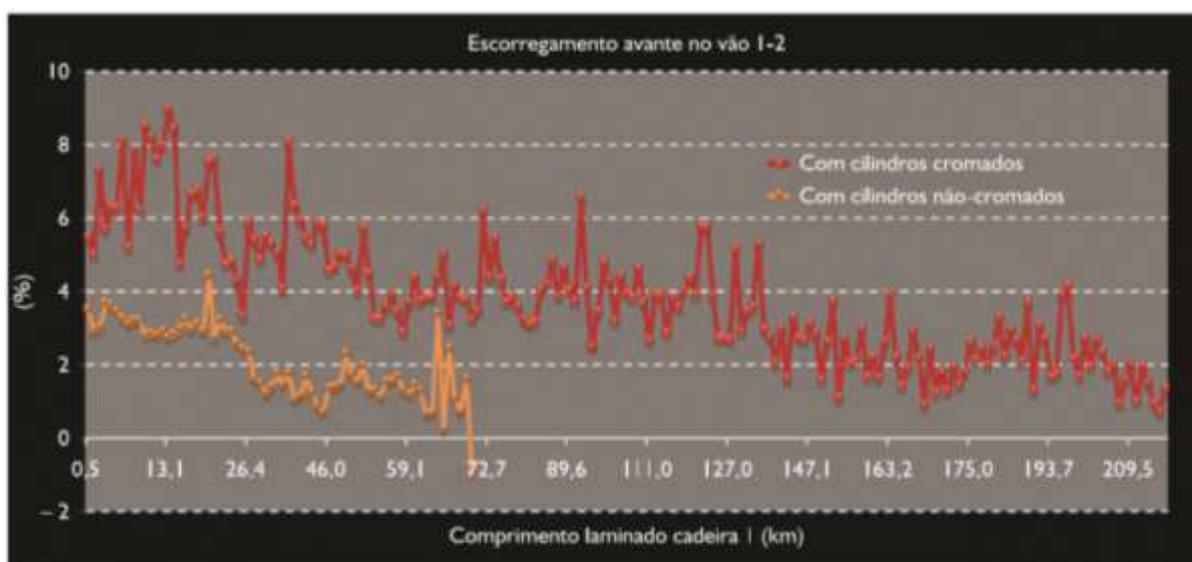


Figura 8 - Escorregamento em % na cadeira em relação à campanha laminada
Fonte: Muratori (2006)

Os efeitos da rugosidade superficial de cilindros cromados e sem revestimento, bem como dos produtos gerados nestas duas condições, foram avaliados por Oliveira (2017) mostrando que a diminuição da rugosidade nos cilindros revestidos permite uma quantidade maior de quilômetros de tira processada. O estudo também mostra que o produto acabado tem uma homogeneidade maior com o uso de cilindros cromados. O revestimento de cromo garante a rugosidade, se mantendo mais estável quanto às suas características superficiais, mantendo uma campanha mais longa.

Segundo Kijima (2009), pode-se associar à influência do acabamento superficial, a rugosidade, sobre os efeitos nas condições de laminação *Skin Pass*. Na Figura 9 pode-se observar que há um aumento expressivo na campanha dos cilindros revestidos com cromo, bem como uma redução na taxa de desgaste do cilindro, o que pode ser notado pela diminuição da rugosidade mais lenta.

Em trabalho recente, Bagger (2016) fez um estudo sobre o desempenho de cilindros revestidos com cromo, comprovando que um laminador de tiras a frio de 4 cadeiras pode ter um aumento de campanha de 200% a 250% dependendo da posição no laminador, quando comparado a cilindros sem revestimento.

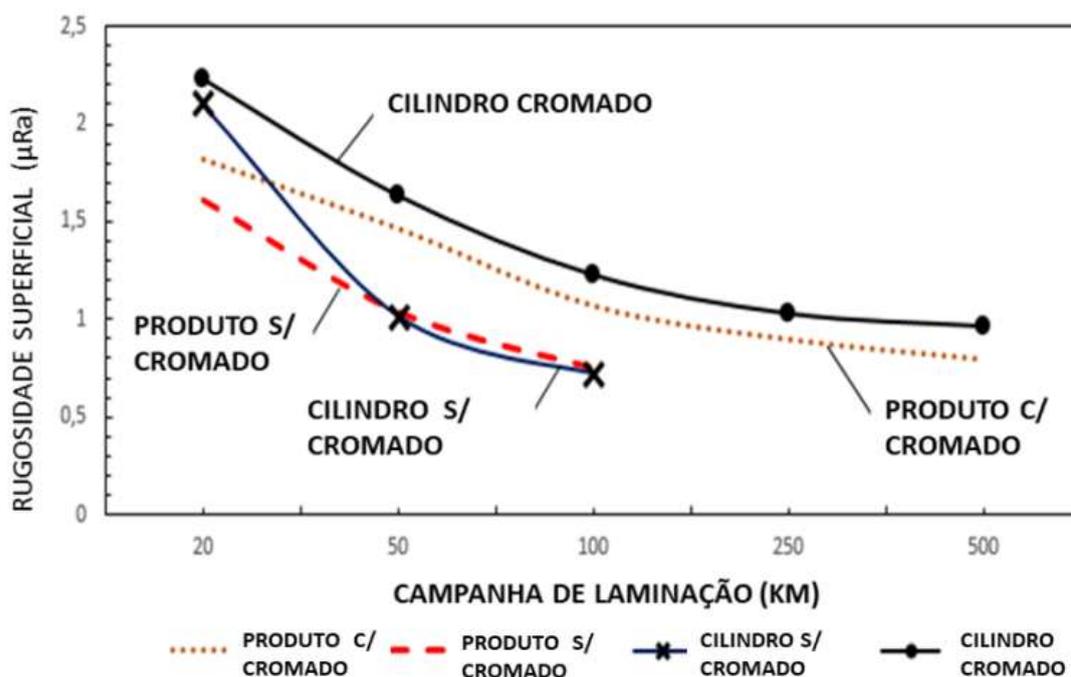


Figura 9 - Redução da rugosidade ao longo da campanha em quilômetros.

Fonte :Adaptado de Oliveira (2016)

1.6. Fundamentos Teóricos de Molhabilidade

O modelo formulado por Young, no qual as três tensões superficiais S_v (vapor sólido), S_l (sólido-liquido) e L_v (liquido-vapor) em uma linha de contato estão em equilíbrio na condição de mínima energia livre total, é resultante da seguinte equação (3):

$$S_v = S_l + L_v \cos \theta \quad (3)$$

Nesta construção clássica, as três tensões superficiais mecânicas, S_v , S_l e L_v , estão em equilíbrio na direção paralela à superfície sólida. A Figura 10 mostra o equilíbrio mecânico das três tensões superficiais, mas também é o resultado da diminuição da energia livre total. Pode-se interpretar S_v , S_l e L_v , na Figura 10, em uma representação escalar das energias superficiais termodinâmicas, em vez de tensão mecânica vetores, sendo γ_{sv} a tensão superficial vapor sólido, γ_{sl} tensão superficial sólido líquido e γ_{lv} tensão interfacial líquido vapor (MAKKONENA, 2017).

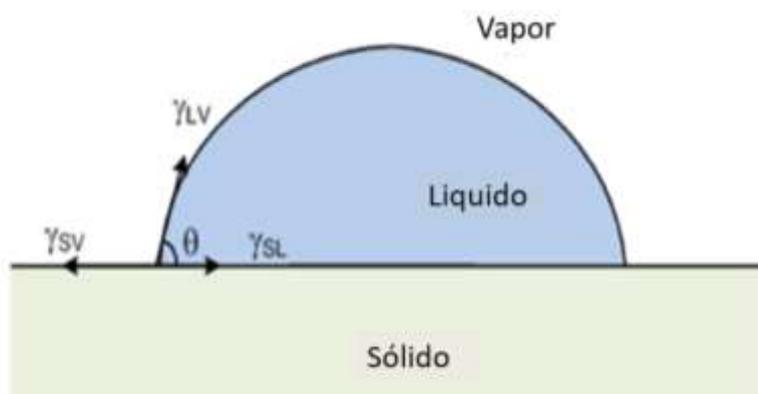


Figura 10 - Modelo Young para tensão superficial das três fases na linha de contato de uma gota.

Fonte: Makkonena (2017)

O processo de avaliação da molhabilidade consiste em aplicar uma gota de um fluido sobre uma determinada superfície com o objetivo de verificar a interação entre ambos, obtendo-se o ângulo de contato superfície-liquido-sólido. A elevação da tensão superficial na interface do líquido-sólido eleva o valor do ângulo de contato

θ , ou seja, quanto mais elevado for o valor do ângulo de contato menor será a molhabilidade do líquido nesta condição. A

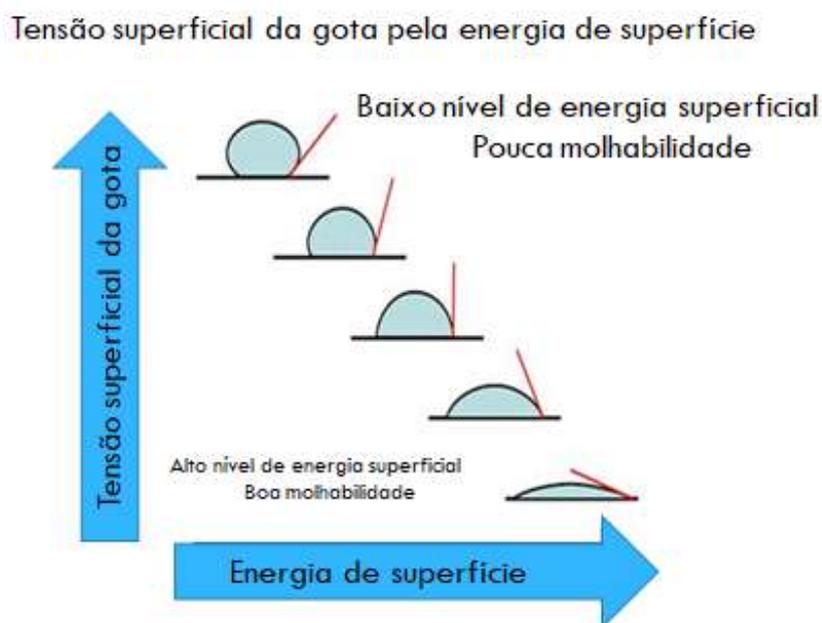


Figura 11 - Variação da tensão superficial da do gota em função da energia de superfície
 Fonte: <https://www.kruss-scientific.com/services/education-theory/glossary/contact-angle>.

A Figura 11 mostra esquematicamente as condições de molhabilidade em função do ângulo de contato. A molhabilidade completa seria obtida no ângulo zero, ideal; próxima ao ângulo de 45° a condição de molhabilidade é considerada boa; e a medida que se aproxima de valores superiores a 90° , a molhabilidade é considerada ruim.

Nos estudos desenvolvidos por Malijeovski (2014) verificou-se que podem ser associados os efeitos da rugosidade sobre a molhabilidade dos fluídos na interação sólido-líquido, pois o líquido entra em contato com a superfície áspera pela penetração nas estrias da superfície abaixo da gota. Lu (2016), em sua publicação, considera que a rugosidade é um dos fatores que interfere na interação do líquido e a superfície na capacidade de molhabilidade.

Diversos trabalhos na literatura abordam aspectos relacionados a melhoria de propriedades mecânicas de cilindros com aumento da dureza superficial e as correlações com o aumento das campanhas. Porém, não foi encontrado nenhum trabalho referente à influência das alterações das condições de superfície e os fluídos de refrigeração e lubrificação, sendo necessária uma investigação mais detalhada sobre estas interações, uma vez que o controle efetivo das condições de atrito durante o processo estão diretamente relacionados à estes parâmetros..

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido a partir de condições operacionais reais, tanto no que se refere ao acabamento superficial do cilindro, como as concentrações de fluidos usados. As características dos processos foram detalhadas em cada item deste capítulo.

O cilindro utilizado no estudo foi retirado de um laminador de tiras a frio, com as seguintes características: tipo *tandem* não reversível, com quatro cadeiras, tipo *four high* (cada uma das cadeiras com quatro cilindros, sendo dois de trabalho que entram em contato direto com o material em processo e dois de encosto). Cada condição foi testada em 1 corpo de prova.

Os materiais que foram utilizados foram preparados a partir de um cilindro de trabalho retirado de operação de uma planta de Laminação a frio no estado de São Paulo, ao término de sua vida útil. A superfície deste foi preparada com diferentes condições de acabamento superficial, conforme descrição nos itens 2.4 à 2.6, e posteriormente foram obtidas uma amostra de cada condição para serem utilizadas nos ensaios experimentais.

Os fluidos utilizados foram uma emulsão de laminação e uma solução de encruamento, ambas comerciais. A emulsão é utilizada nas cadeiras 1, 2 e 3 do laminador de tiras a frio e a solução de encruamento é normalmente empregada na cadeira 4 e no laminador de *Skin Pass*. Nos ensaios para avaliação da molhabilidade, as amostras foram ensaiadas em um goniômetro do centro de pesquisa da Quaker Chemical, na Holanda, especializado neste tipo de avaliação.

2.1. Características do Cilindro de Laminação

Um cilindro de trabalho de aço forjado, com o diâmetro de 495 mm e dureza 81 Sh-C foi utilizado para obtenção das amostras. A composição química é apresentada no Quadro 1, conforme certificado do fornecedor do cilindro (Anexo A).

Quadro 1 - Composição Química – Cilindro em massa

C	Mn	Si	P	Cr	S	Ni	Mo	V
0,90~0,86	0,80~0,50	0,33~0,20	0,03~0,00	4,7~4,3	0,03~0,00	0,35~0,00	0,39~0,11	0,10~0,00

2.2. Características dos Óleos de Laminação.

Os fluidos de laminação utilizados neste estudo, são os mesmos utilizados no processo de fabricação. Apresentam as propriedades químicas e físicas, de acordo com suas Fichas de Segurança de Produto Químico (FISQ) em conformidade com a norma ABNT NBR 14.725-4, encontrados no Anexo B (páginas 1 a 5) e Anexo C (páginas 1 a 9). No Quadro 2 são apresentadas as principais especificações:

Quadro 2 - Características dos Fluidos

Tipo		Solução de Encruamento	Emulsão de Laminação
Natureza		Sabões amínicos e aditivos (tensoativos)	Óleo sulfurizado e aditivos a base de enxofre
Composição Química		Trihidroexietilamina (5 a 10% massa)	Óleo sulfurizado (1 a 5 % massa)
		Tolutriazol (1 a 3% massa)	Aditivos (1 a 5% massa)
Propriedade Física	Estado físico	Líquido turvo	Líquido
	Cor	Amarelado	Marrom escuro
	Odor	Característico	Característico
	pH	2,5 a 5	8,6
	Densidade	1,05 g/cm ³	0,91 g/cm ³
	Solubilidade	Em água	Miscível em água
	Ponto de fulgor	Não se aplica base água	Não Informado
	Ponto de ebulição	>100 °C	Não Informado

2.3. Preparação do acabamento superficial do cilindro

Foram obtidos quatro tipos de acabamento superficial neste trabalho:

- Superfície retificada;
- Superfície retificada e jateada;
- Superfície retificada e cromada;
- Superfície retificada, jateada e posteriormente cromada.

Estas condições geraram superfícies com rugosidades distintas e alteração de composição química da superfície do cilindro, através do revestimento de cromo, para que pudessem ser observadas alterações nas tensões superficiais da gota e consequente interação entre o fluido e a superfície metálica. A condição retificada é considerada uma prática padrão no equipamento estudado, para as cadeiras 1, 2 e 3, onde se aplicam emulsões. A superfície jateada simula as condições da cadeira 4, ou cadeira acabadora. Além disso, a superfície jateada também simula a condição de um laminador de encruamento (*Skin Pass*).

2.4. Retificação do cilindro

O cilindro foi retificado com parâmetros controlados de avanço e amperagem com rebolo tipo A 80, com abrasivo de óxido de alumínio, para obtenção da superfície polida com um acabamento superficial próximo de $0,50\mu\text{Ra}$, conforme padrão operacional, representado pelo Quadro 3. O processo de retificação foi realizado em uma retificadora Farrel Giustina – Modelo 36” X 16” (Figura 12). Este procedimento é necessário em escala industrial para se adequar o acabamento superficial do cilindro, ou seja, a rugosidade.

Quadro 3 - Características do processo retificação de acabamento

Retificadora	Rebolo	Abrasivo	Rotação do rebolo	Rotação do cilindro	Avanço do rebolo	Carga no motor do rebolo	Velocidade Do carro
Farrel Giustina	A 80	Oxido Alumínio	500 rpm	50 rpm	0,001 mm	56 A	400 mpm



Figura 12 - Retificadora Farrel Giustina – Modelo 36” X 16’.

2.5. Jateamento de cilindro

O cilindro após a retificação foi submetido ao processo de jateamento por granalha de aço, a fim de se obter a condição de rugosidade mais elevada, em torno de $1,9\mu\text{Ra}$. O processo de jateamento constitui-se de uma texturização pela deformação das partículas de granalha provocam na superfície. Desta forma produz-se uma superfície similar ao acabamento do laminador de *Skin Pass*. Antes de ser jateado, o cilindro foi parcialmente coberto através da colocação de faixas adesivas no sentido circunferencial, mantendo-se a condição inicial. Os parâmetros do processo utilizados no jateamento de granalha seguiram os valores do Quadro 4.

Quadro 4 - Parâmetros de Processo de Jateamento

Turbina	Velocidade carro	Rotação do cilindro	Amperagem do motor	Granalha
1500 rpm	0,30 mpm	5 rpm	35 A	G – 40

Desta forma foram obtidas duas rugosidades distintas e posterior comparação sobre os efeitos no ângulo de contato. A Figura 13 apresenta o equipamento utilizado para aplicação da rugosidade por jateamento de granalha na superfície do cilindro.



Figura 13 - Jateador de granalha de aço.

2.6. Cromação de cilindro

O tratamento superficial de cromação foi realizado através da imersão em cuba eletrolítica, gerando uma camada de cromo depositado entre 4 a 10 μ m.

O cromo do revestimento tem uma dureza Vickers de 425-1000 kg/mm², dependendo da presença de trincas ou livre das mesmas, conforme Oliveira (2016). A execução desta fase foi realizada numa empresa na região de Mauá, São Paulo, especializada neste tratamento em cilindros de laminação.

2.7. Preparação das amostras para ensaios

Ao término dos processos de preparação superficial no cilindro resultaram em quatro regiões em faixa distintas: retificadas, jateadas, retificadas cromadas e jateadas cromadas. Em cada região foram retiradas amostras representativas das condições de superfície para realização dos ensaios. Na Figura 14 é apresentado o cilindro após os processos de acabamento superficial e de imersão em banho eletrolítico, onde se observam as diferentes faixas correspondentes aos quatro tipos de superfícies mencionadas.

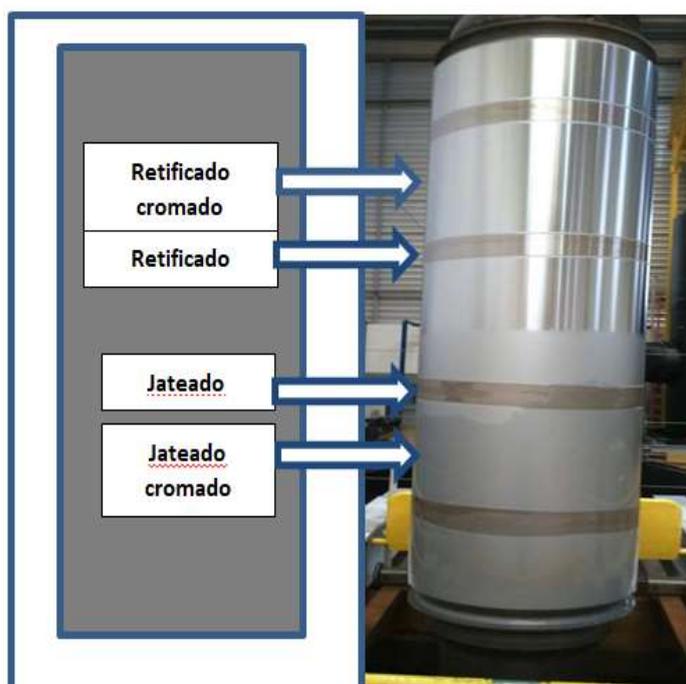


Figura 14 - Cilindro Preparado com as 4 superfícies de estudo.

Foi retirada uma amostra de cada superfície apresentada na Figura 14, sendo estas apresentadas nas Figuras 15, 16, 17 e 18.

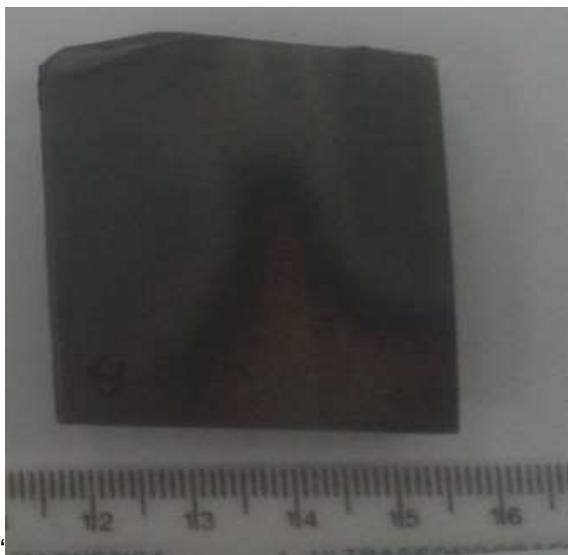


Figura 15 - Amostra retificada

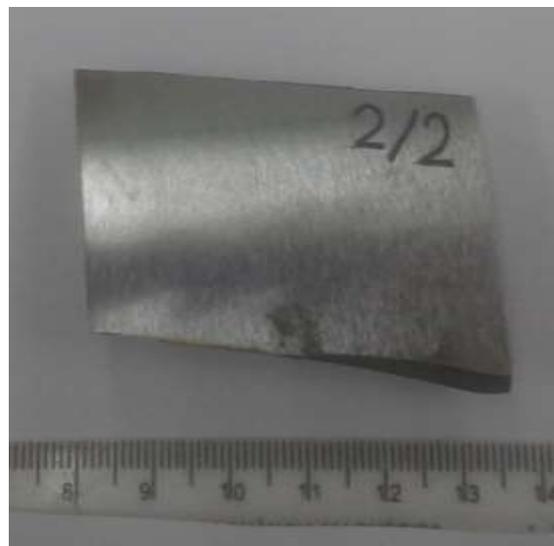


Figura 16 - Amostra retificada cromada

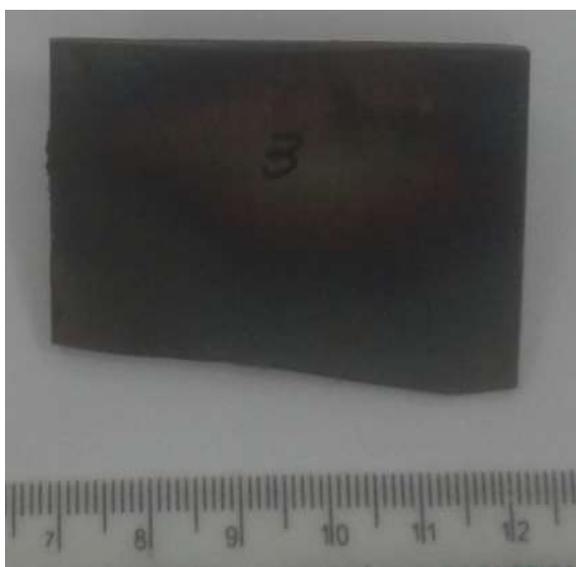


Figura 17 - Amostra jateada



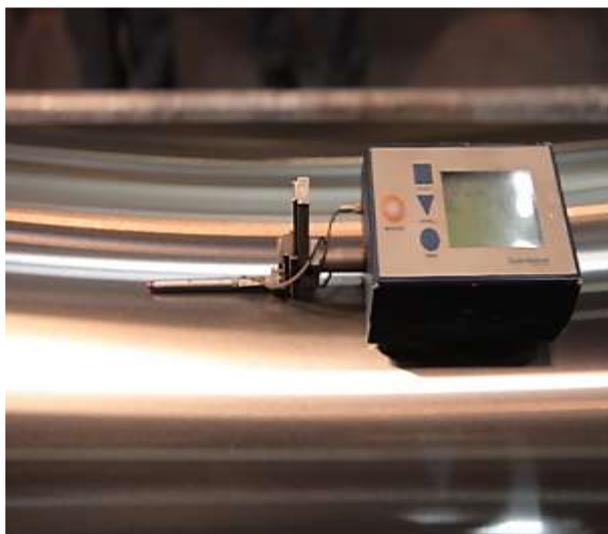
Figura 18 - Amostra jateada cromada

2.8. Ensaio de rugosidade

Foi realizada a medição da rugosidade superficial diretamente no cilindro com um rugosímetro da marca Taylor Hobson, modelo Sutronic 25+, de acordo com os parâmetros apresentados no Quadro 5. Na Figura 19 é apresentada uma foto do processo de medição.

Quadro 5 - Calibração do Rugosímetro Taylor Hobson, modelo Surtronic 25+

	Superfície	Cut-off	Faixa	Lc
Retificado	Próxima de 0,6 μ Ra	0,8	0 - 300	4,00 mm
Jateado	Próximo de 2,5 μ Ra	2,5	300	25,00 mm

**Figura 19 - Medição da rugosidade superficial do cilindro com aparelho Taylor Hobson Surtronic 25+**

2.9. Ensaios Metalográficos

As amostras revestidas foram preparadas para análise metalográfica, para determinação da espessura da camada revestida e sua morfologia. Este ensaio teve como objetivo a verificação da homogeneidade do recobrimento por eletrodeposição ao longo da superfície do cilindro. As amostras foram lixadas em lixas grama 200 e polidas com alumina. Em seguida as amostras foram analisadas em microscópio ótico da marca Olympus, modelo 41GX.

2.10. Ensaios de Microdureza

Foram realizados os ensaios microdureza superficial, em todas as amostras com o objetivo de verificar o valor para as diferentes superfícies preparadas. As amostras foram ensaiadas através de um durômetro digital Micro Hardness Tester

marca TIME modelo MHV2000 (Figura 20). Cada amostra para microdureza foi embutida em baquelite e ensaiada, obtendo-se 5 medidas a uma carga de 100g e com tempo de 10 segundos para estabilização, utilizando-se a escala Vickers.



Figura 20 - Durômetro digital Micro Hardness Tester marca TIME modelo MHV2000

2.11. Preparação dos fluidos

As soluções foram preparadas com água desmineralizada através da adição das porcentagens em peso dos produtos do Quadro 6 e realizada a agitação manualmente até a total dissolução do soluto. Foram escolhidos dois teores de soluto distintos para cada fluido, emulsão e solução de encruamento, com o objetivo de verificar a influência na molhabilidade., tomando-se por referência as práticas operacionais. Na solução de Skin Pass adota-se a prática de 5%+/-1% no ambiente industrial e neste estudo adotou-se 5% e um valor inferior, 3%. Na emulsão de laminação normalmente emprega-se 2% +/- 0,2% e aqui adotou-se um valor próximo ao limite superior e inferior deste intervalo, no caso, 1,5% e 2,5%.

Quadro 6 - Concentrações dos fluidos (percentual em massa)

Tipo de fluido	Teor %	Teor %
Solução de Encruamento	3,0	5,0
Emulsão de Laminação	1,5	2,5

2.12. Ensaios de molhabilidade

Foram ensaiadas 4 condições de acabamento superficial para o cilindro, afim de se verificar os efeitos sobre o ângulo de contato dos fluidos analisados. A preparação para o ensaio, as amostras foram limpas com Isopropanol, para eliminar a influência de qualquer contaminante sobre a superfície. A gota, de cerca 2 μ l ao atingir a superfície, apresenta uma variação dimensional captada pelo goniômetro, com registro através de uma câmera filmadora acoplada ao equipamento. O ângulo de contato entre a amostra e a gota é gravado em intervalos de tempo de 0,2 segundos. Foram selecionadas as imagens dos intervalos 0 a 10 segundos para medição. A molhabilidade é avaliada pelo ângulo de contato do líquido com a superfície sólida e quanto menor esse ângulo, maior a molhabilidade, ou seja, mais o fluido molha a amostra. O goniômetro do Centro de Pesquisas da Quaker Chemical que realizou as medições dos ângulos de contato das amostras foi o aparelho do tipo VCA 2000 de marca AST , apresentado na Figura 21.

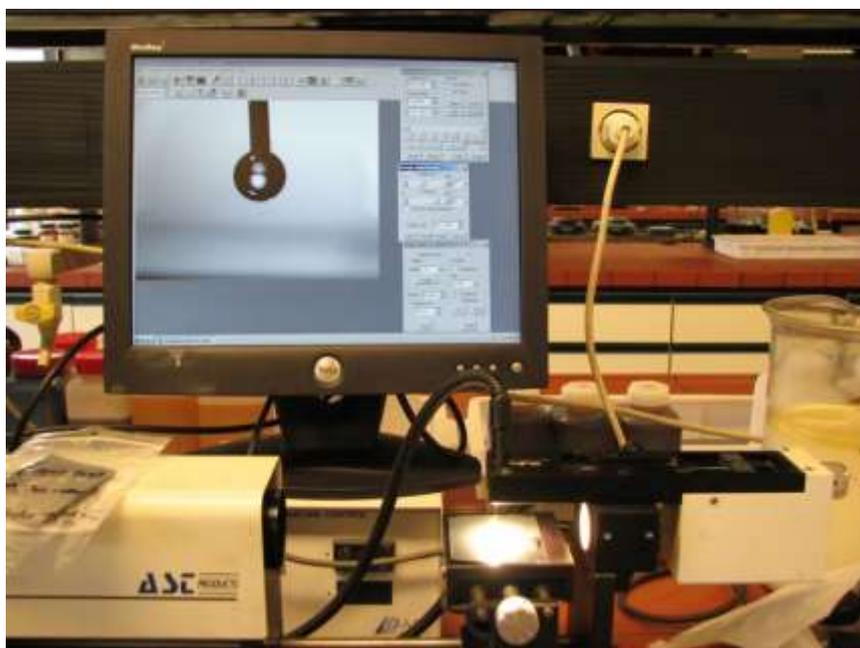


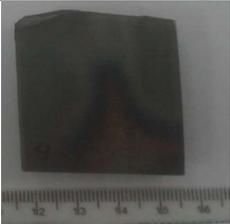
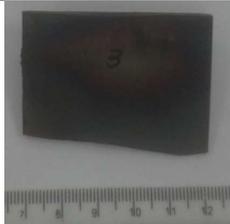
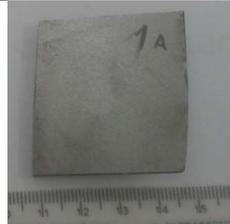
Figura 21 - Goniômetro do Centro de Pesquisas
Fonte: Quaker Chemical Holanda

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Medições de Rugosidade

Os valores de rugosidade obtidos nas medições conforme padrões já mencionados nos capítulos anteriores estão demonstrados na Quadro 7, onde se relacionam as amostras com seu respectivo tratamento superficial e o valor de rugosidade obtido .

Quadro 7 – Rugosidade das Amostras por Superfície

Amostras				
Condição de acabamento da Superfície	Retificada	Retificada cromada	Jateada	Jateada cromada
Rugosidade (μRa)	0,54	0,54	1,90	1,90

Os resultados da rugosidade medida nas amostras com revestimento e sem revestimento nas condições de acabamento retificado e jateado obtiveram valores idênticos comprovando que a camada de revestimento não altera as características de relevo da superfície do substrato.

3.2. Ensaio metalográficos

A avaliação dos ensaios metalográficos realizados nas amostras cromadas, sejam retificadas ou jateadas, revelou os aspectos físicos da camada. A camada foi depositada de forma homogênea, reproduzindo os aspectos morfológicos da superfície do metal base do cilindro. Além disso, identificou-se que a espessura da camada de cromo depositada sobre a superfície tem a dimensão aproximada de $5,0\mu m$ ao longo de toda a amostra.

Na amostra retificada cromada, a Figura 22 apresenta a seção transversal próxima à superfície, onde se observa a homogeneidade da espessura de revestimento.

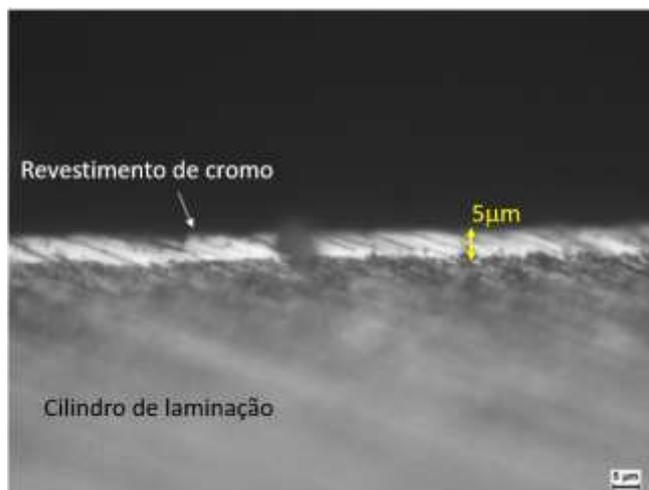


Figura 22 - Amostra retificada cromada. Seção transversal, com aumento de 1000X.

Na vista superior desta amostra, na Figura 23 pode se identificar riscos longitudinais, que correspondem as marcas de usinagem deixadas pelo processo de retificação, ou seja, o relevo superficial original do cilindro antes do revestimento.

O revestimento de cromo manteve os aspectos de acabamento mesmo após o recobrimento. A vista na seção transversal da amostra revela a formação de uma deposição também plana, reproduzindo a rugosidade antes do tratamento químico.



Figura 23 - Amostra retificada cromada, vista superior com aumento de 100X.

Na metalografia da vista na seção transversal da amostra jateada cromada, conforme Figura 24, observa-se que as cavidades provocadas pela deformação devido ao impacto das granalhas de aço na superfície, criaram um relevo com regiões de picos e vale na superfície da amostra. Nota-se claramente que o revestimento possui uma homogeneidade, com uma espessura contínua e acompanhando o contorno do relevo superficial, reproduzindo-o.

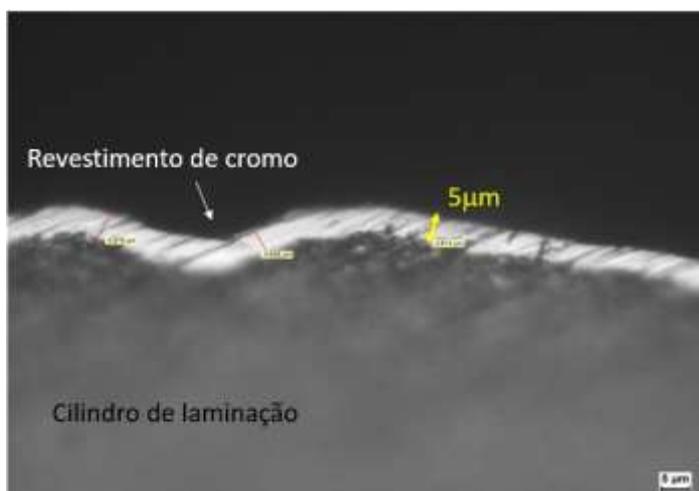


Figura 24 - Amostra jateada cromada. Seção transversal, com aumento de 1000X

A vista superior da superfície desta amostra esta apresentada na Figura 25. Nesta posição podem-se identificar as regiões claras como sendo os picos mais elevados. Os vales oriundos da deformação do impacto da granalha de aço se mostram nas regiões mais escurecidas, como mencionado anteriormente, como consequência das deformações permanentes impostas pelo jateamento.

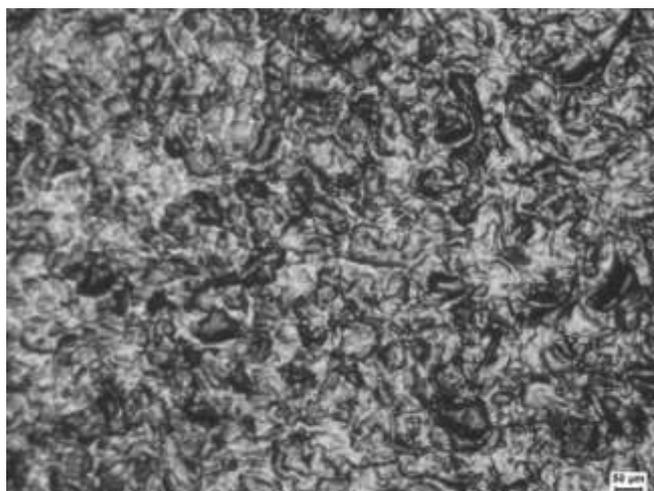


Figura 25 - Amostra jateada cromada, vista superior com aumento de 100X

Na observação das amostras com revestimento de cromo na superfície, nas duas condições apresentadas na Figura 26, retificado (a) e jateado (b), constatamos microtrincas em sua superfície, inerentes ao processo de eletrodeposição do cromo, aspecto relatado nos trabalhos de Gonçalves Jr (2011) e Oliveira (2016).

As análises metalográficas das amostras revestidas, tanto a retificada cromada quanto a amostra jateada cromada, apresentaram um revestimento uniforme, contínuo sobre a superfície, revelaram microtrincas e a superfícies das duas condições mantiveram suas características originais, ou seja, o revestimento não alterou a rugosidade.

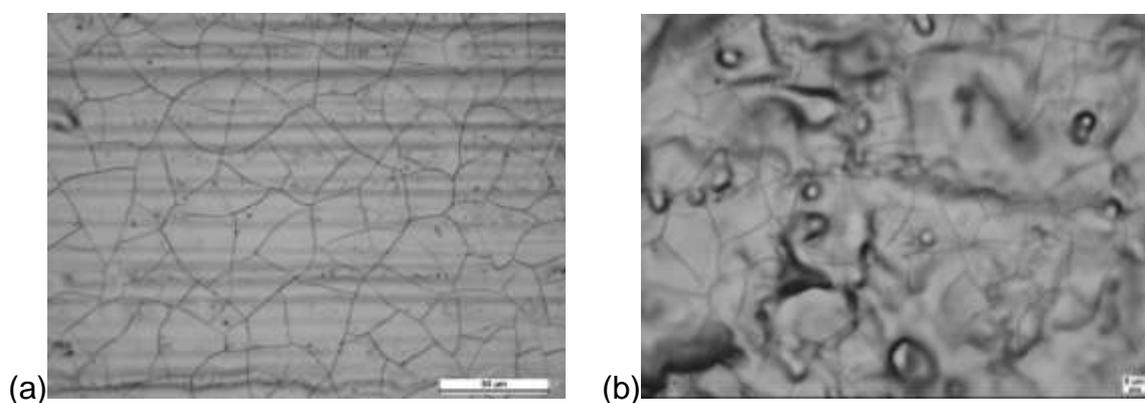


Figura 26 - Amostra Retificada (a) e Jateada (b), ambas cromadas. Vista superior com aumento de 500X

3.3. Ensaios de Microdureza

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de ensaios mecânicos da ETEC Escolástica Rosa para realização de ensaios com carga de 100g. Desta feita, os valores obtidos em ensaios com 5 repetições e 10 segundos de estabilização.

Os ensaios de microdureza apresentaram os resultados mais próximos aos mencionados em literatura cujos valores podem ser visualizados no Quadro 8.

Quadro 8 - Microdureza Superficial das Amostras

Amostra	Hv(100)	Desvio padrão
Retificado	883,2	38,0
Retificado cromado	1261,3	85,7
Jateado	997,0	93,0
Jateado cromado	1236,3	125,5

Os resultados dos valores de microdureza das amostras retificadas cromadas, comparados aos resultados das amostras sem cromo, obtiveram um acréscimo de 43% em sua dureza. Enquanto que os valores de dureza, comparados entre as amostras jateada cromada em relação a amostra jateada, representaram um aumento de 20%. Os resultados de elevação da dureza nas amostras revestidas apresentaram valores esperados. Os valores de dureza dos ensaios na amostra retificada apresentaram menor desvio padrão. O aspecto superficial da amostra interfere na penetração da ponteira: quanto mais regular a superfície mais preciso é o valor. Os valores da amostra retificada já apresentaram valores com desvio padrão maior em relação à sem revestimento. O acréscimo de mais uma camada aumenta a dispersão sinalizada pelo desvio padrão.

Comparando as duas amostras não revestidas, sendo a retificada e a jateada, observa-se que a jateada apresenta uma elevação de 13% na dureza superficial, devido ao endurecimento superficial pela deformação provocada pelo impacto das granalhas de aço na superfície. As amostras jateadas obtiveram valores de desvios padrão mais elevados.

3.4. Ensaio de molhabilidade

As amostras com diferentes acabamentos superficiais foram submetidas a ensaio de medição do ângulo de contato formado pela gota de fluido, a fim de se comparar as superfícies revestidas e não revestidas, com duas rugosidades impostas distintas, e a influência do aumento da concentração de soluto nos fluidos. As amostras foram ensaiadas de acordo com o plano experimental do Quadro 9. Este planejamento foi padronizado devido aos seguintes aspectos: a emulsão de laminação é utilizada nas cadeiras 1, 2 e 3 do laminador de tiras a frio e a solução de encruamento é utilizada na cadeira 4, de acabamento, ou em laminadores *Skin Pass*, como já mencionado.

Quadro 9 - Planejamento Experimental

Acabamento superficial	Concentração	Fluído	Rugosidade (μm)
Retificado	1,5%	Emulsão Laminação	0,54
Retificado	2,5%	Emulsão Laminação	0,54
Retificado cromado	1,5%	Emulsão Laminação	0,54
Retificado cromado	2,5%	Emulsão Laminação	0,54
Jateado	3%	Solução encruamento	1,90
Jateado	5%	Solução encruamento	1,90
Jateado cromado	3%	Solução encruamento	1,90
Jateado cromado	5%	Solução encruamento	1,90

3.4.1. Resultados dos Ensaio das Superfícies Retificadas

Nos ensaios no goniômetro as amostras foram submetidas a exposição de uma gota de fluido de cerca $2\mu\text{l}$ e os tempos de estabilização foram de 10 segundos. As amostras retificadas foram ensaiadas no goniômetro, sendo traçadas as curvas de estabilização do ângulo de contato com as medidas efetuadas a cada segundo após a gota atingir a superfície.

Na Figura 27 a seguir apresenta-se a curva do ensaio até a estabilização para concentrações de emulsão a 1,5% e 2,5%, respectivamente.

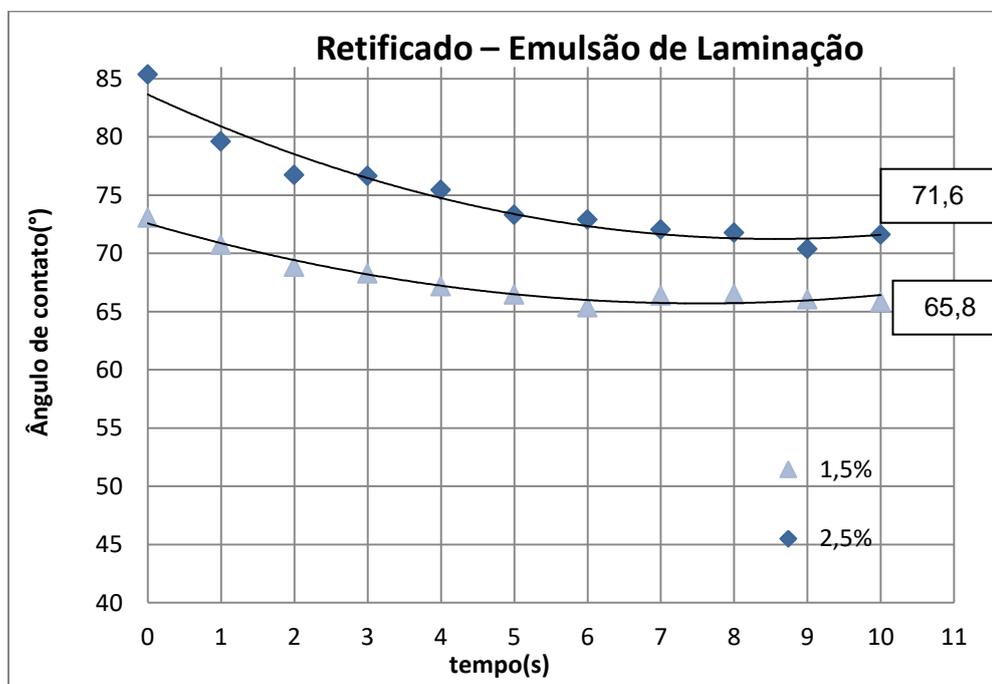


Figura 27 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície retificada

No ponto de estabilização foram obtidas as imagens do formato das gotas para as duas concentrações, visualizadas na Figura 28. Nestes resultados, observa-se visualmente o formato de calota esférico, bem definido em ambos os casos. As amostras retificadas apresentaram ângulo de contato com valores de 65,8° a 10s quando utilizada a concentração de 1,5% na emulsão, enquanto que para a concentração de 2,5%, apresentou um ângulo de 71,6°.

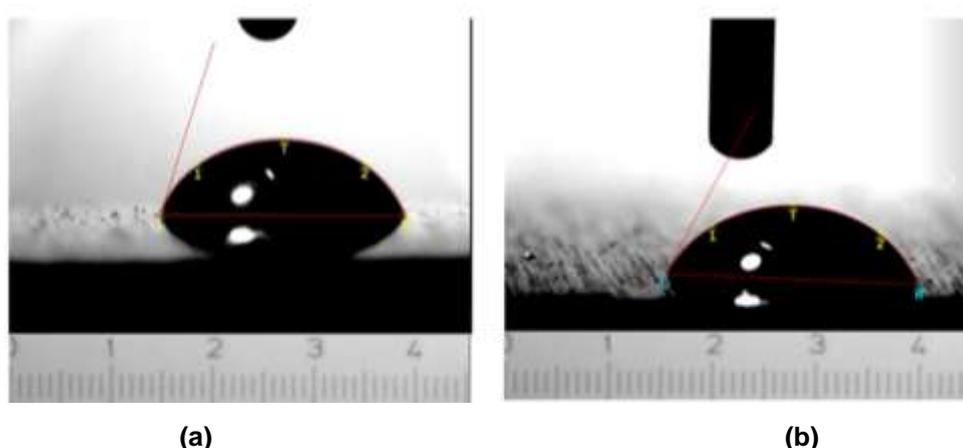


Figura 28 - Superfície retificada e soluções de 1,5% (a) e 2,5%(b), respectivamente, na emulsão de laminação

Os valores obtidos nas amostras retificadas considerando a Lei de Young, possuem elevadas tensões superficiais, portanto baixa molhabilidade. Neste caso, mesmo com a elevação da concentração não houve alteração na molhabilidade.

No ensaio seguinte, foram analisados os resultados da amostra retificada cromada. Os resultados obtidos apresentaram ângulos de contato de 54,2° a 10s para a concentração de 1,5%, de emulsão, enquanto que para a concentração de 2,5 %, apresentou um ângulo de 45,8°, podendo ser visualizado na Figura 29.

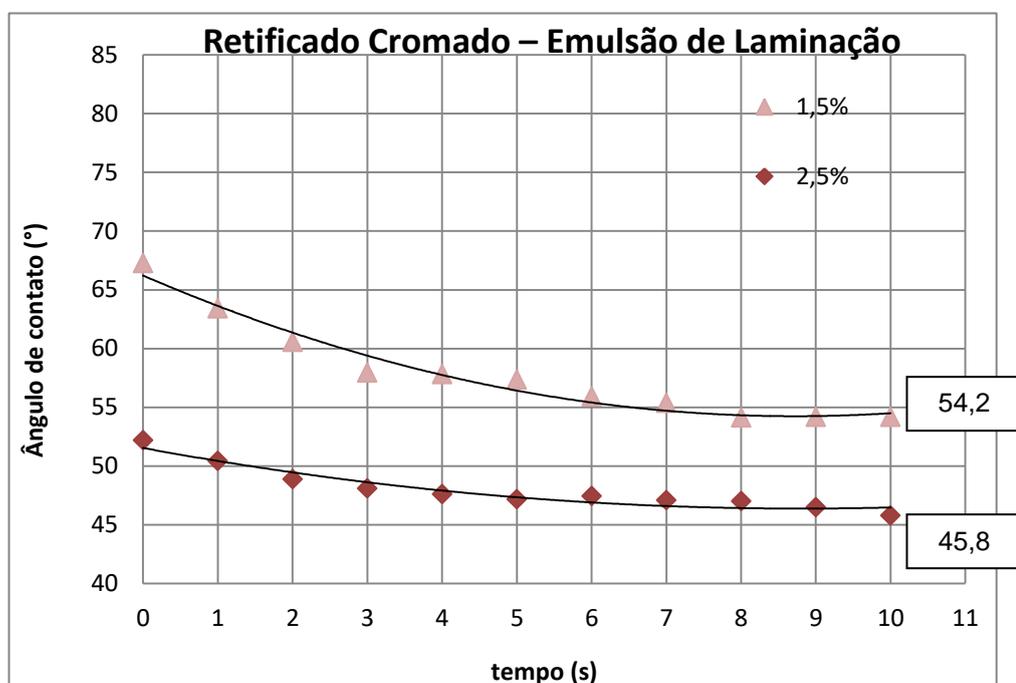


Figura 29 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície retificada cromada

Conforme pode ser notado na Figura 30, a gota apresenta uma morfologia mais achatada, ou seja, uma menor tensão superficial nas duas concentrações, quando em contato com a superfície revestida com cromo, mostrando uma melhor interação. Nota-se uma proximidade na estabilização, variando de 55° para 45°, aproximadamente, quando se aumenta a concentração de soluto no fluido de 1,5% para 2,5%,

Na condição revestida, a interação aumenta, afetando o ângulo de contato de forma a reduzi-lo, melhorando a molhabilidade.

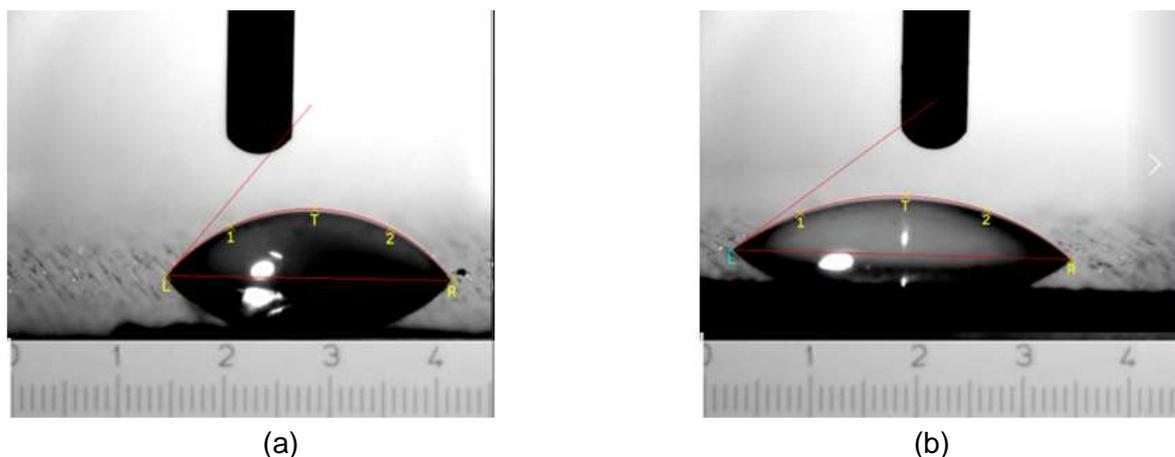


Figura 30 - Superfície retificada cromada, com soluções de 1,5% (a) e 2,5%(b), respectivamente, na emulsão de laminação

Analisando-se as duas superfícies e as duas concentrações simultaneamente, podemos observar que os ângulos de contato sofreram uma redução, o que representa uma evolução na molhabilidade. Para a concentração de 1,5% de emulsão, a redução no ângulo de contato foi de 18%, enquanto que para a concentração de 2,5%, a redução foi de 36%. Nota-se que no caso da amostra retificada cromada com elevação da concentração de 1,5% para 2,5 % houve uma queda no ângulo de contato. Se forem comparadas a amostra retificada sem revestimento com a retificada cromada na condição de maior concentração de emulsão há uma redução do ângulo de contato de $71,6^\circ$ para $45,8^\circ$. O efeito dos dosi-fatores: revestimento de cromo e elevação da concentração aumentam a molhabilidade, conforme a redução do ângulo de contato..

3.4.2. Resultados dos Ensaio das Superfícies Jateadas

As amostras com a superfície jateada, foram ensaiadas com solução de encruamento no goniômetro e apresentaram os seguintes resultados: após o tempo de estabilização para a concentração de 3%, a estabilidade ocorreu em $50,4^\circ$, e com o aumento da concentração para 5%, foi obtido o ângulo de contato de $35,35^\circ$, conforme as curvas da Figura 31.

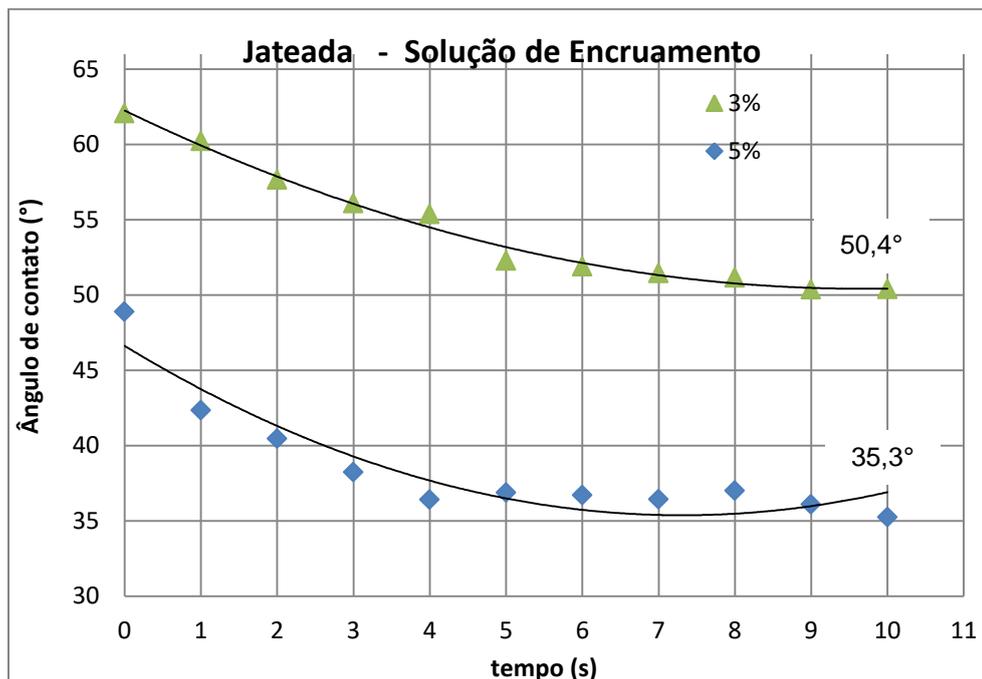


Figura 31 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície jateada

Para o ensaio com a solução de encruamento sobre a superfície jateada, a diferença de composição se mostrou ser um fator importante na variação do ângulo de contato. O aumento de 3% para 5% diminuiu o ângulo de contato de $50,4^\circ$ para um valor próximo de $35,3^\circ$.

O formato das gotas estabilizadas nas duas situações pode ser visto na Figura 32, que apresenta a gota com a concentração de 3% (a), e a gota a 5% na solução de encruamento (b). A morfologia pode ser notada visualmente: o formato mais achatado indica um baixo ângulo de contato e, portanto, uma molhabilidade melhor na condição de 5%.

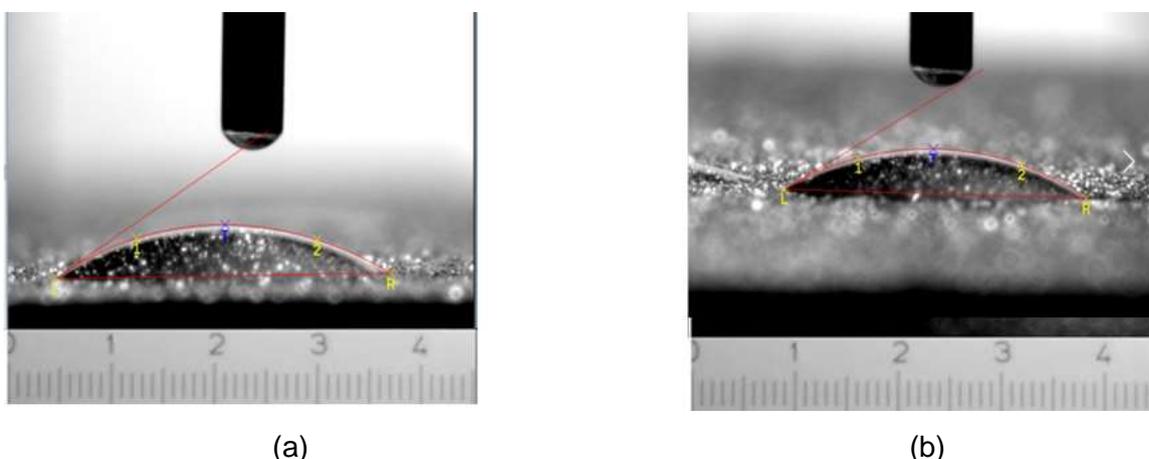


Figura 32 - Superfície jateada, com soluções de encruamento de 3% (a) e 5%(b), respectivamente.

Os valores obtidos para os ângulos de contato nos ensaios da amostra jateada cromada, para as soluções de encruamento a 3% e 5% de concentração foram de 31,4° e 33,4°, respectivamente. Esta foi a melhor molhabilidade obtida, com baixo ângulo de contato. Observando-se as curvas na Figura 33, a estabilização para as duas concentrações ocorre próximo dos 30°.

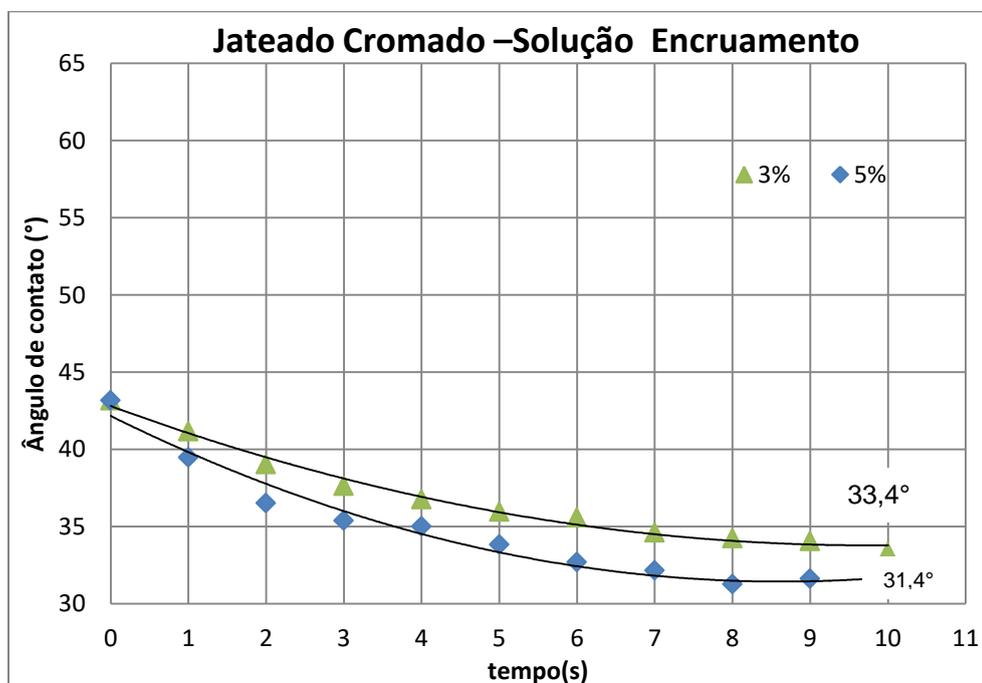


Figura 33 - Curva de estabilização do ângulo de contato para superfície jateada cromada

Para a solução de encruamento sobre a superfície jateada cromada, a diferença de composição no fluido não apresentou efeito significativo sobre as medidas. A Figura 34 apresenta a foto da gota estabilizada para a condição jateada cromada, (a) com 3% e (b) com 5% de concentração, respectivamente. Sua morfologia, achatada devido à baixa tensão superficial, fornece um baixo ângulo de contato, indicando uma boa molhabilidade, próxima dos 30°, em ambas concentrações.

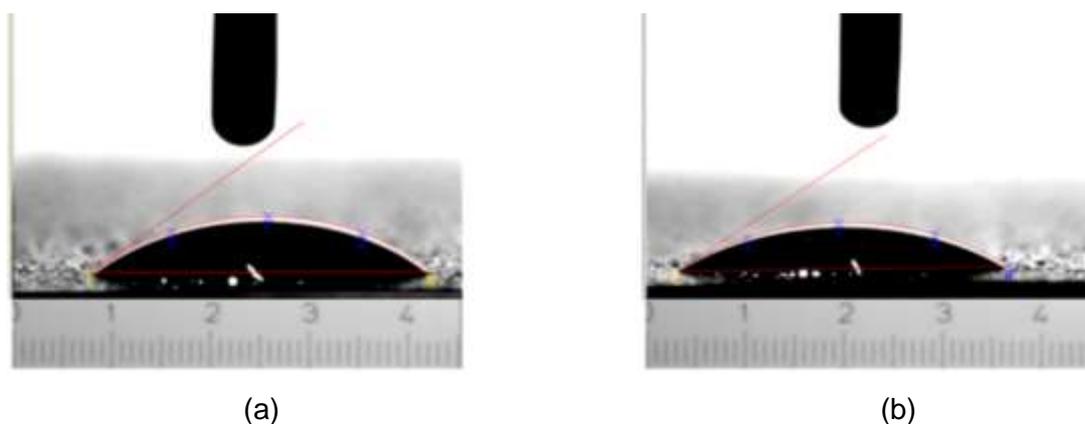


Figura 34 - Superfície jateada cromada, com soluções de encruamento de 3% (a) e 5%(b), respectivamente

3.5. Campanhas de Cilindros

As campanhas dos cilindros são definidas como o tempo de operação no laminador no qual suas características permanecem inalteradas, não afetando o produto nem o processo. É diretamente relacionado ao desgaste ocorrido durante o processo de laminação.

Para avaliação da campanha em serviço, foram coletados dados referentes à performance do cilindro da cadeira 3 de um laminador de tiras a frio, com 4 cadeiras conforme já mencionado, no período de janeiro a março de 2016. Os resultados operacionais de volumes de produção obtidos foram para concentrações de emulsão utilizados na produção, dentro de uma faixa de composição de 1,80% a 2,20 % de soluto. No Quadro 10, observa-se a tonelagem média produzida no período estudado comparando os resultados entre os cilindros convencionais retificados, sem e com revestimento. Foram consideradas campanhas normais, ou seja, sem os efeitos de falhas operacionais ou manutenção.

Quadro 10 - Comparação da produção do cilindro da cadeira 3

Cadeira	Cilindros convencionais	Cilindros revestidos	Aumento %
3	1500t	4800t	220%

Sobre a campanha de cilindro de laminador *Skin Pass*, que apresenta um processo de laminação a frio com baixa redução, realizou-se a coleta de dados referente as campanhas no período de Janeiro a Março de 2018. A solução de encruamento girou em torno de 4,5% como prática industrial, sendo os valores obtidos nas campanhas dos cilindros usados também objetivando a comparação do revestimento em relação aos sem revestimento. Os resultados podem ser visualizados no Quadro 11.

Quadro 11 - Campanha do cilindro no Laminador Skin Pass

Tipo de cilindro	Produção(t)	Tempo operação(h)
Revestidos	2926	19,51
Convencionais	776	5,17
Benefícios	2150	14,34
Variação %	277%	277%

A partir dos resultados obtidos nas quatro condições distintas de acabamento superficial do cilindro de laminação, algumas observações importantes podem ser discutidas com relação à interação entre fluídos e a superfície metálica.

Os ensaios de microdureza realizados comprovaram que há uma variação significativa entre as 4 condições estudadas com desvios padrão diferentes mostrando que cada superfície possui uma dispersão diferente. A menor dispersão ocorreu nas amostras retificadas e a maior dispersão ocorreu nas amostras jateadas revestidas.

Sobre os aspectos de rugosidade, o Quadro 7 apresentou os valores relativos às amostras totais, sendo que em cada caso, retificado e jateado, o revestimento não alterou a morfologia superficial dos cilindros. Isso permitiu que se mantivessem condições distintas de análise da topologia para efeitos comparativos, variando-se apenas a composição química no contato fluído/cilindro de laminação. Ainda, as metalografias da seção transversal das amostras cromadas, mostraram que a espessura da camada foi de aproximadamente 5 μ m em ambos os acabamentos superficiais. Isso possibilita um desgaste com tendência uniforme ao longo da superfície do cilindro, que é notado na avaliação das campanhas para cada situação.

O emprego de diferentes fluidos nas análises experimentais foi devido ao tipo de emprego industrial em cada cadeira ou laminador, como mencionado no capítulo inicial. As soluções de emulsão, empregadas no laminador de tiras a frio, representando as cadeiras 1, 2 e 3, foram avaliadas nas condições de acabamento retificada e retificada cromada.

No caso da amostra retificada, o ângulo de contato medido foi o mais alto de todos os ensaios, sendo encontrado um valor próximo de 72° para emulsão com teor de 2,5% e 66° para o teor de 1,5%. Nesta condição de acabamento superficial, o teor menor de soluto apresentou melhor molhabilidade mas, ainda assim, com pouca variação (aproximadamente 10%) para a solução de emulsão de laminação de maior concentração. O efeito do revestimento de cromo no cilindro retificado foi benéfico quanto ao ângulo de contato, diminuindo esse para 54° no caso da emulsão de 1,5% e para 46° , no caso da emulsão de 2,5%. As composições das soluções de emulsão analisadas representam composições similares aos da prática industrial no processo.

As duas amostras jateadas, com e sem revestimento de cromo, simularam a condição de cilindros de trabalho de um Laminador de *Skin Pass*, de onde foi avaliada a campanha em serviço, e também dos cilindros da cadeira 4 de acabamento do laminador de tiras a frio. O fluido, neste caso, é uma solução de encruamento com duas composições distintas, 3% e 5%, representando similaridade com a prática industrial, que varia em torno de 5%. O valor menor, de 3%, foi uma condição de análise para testar a viabilidade de se empregar faixas de menor composição com o mesmo efeito de molhabilidade. Para a condição de superfície jateada, a maior concentração de soluto apresentou menor ângulo de contato, em torno de 35° , enquanto que a concentração menor apresentou um ângulo de 51° . Para as amostras jateadas cromadas, o efeito da composição de soluto foi insignificante, girando em torno de 33° para ambas as composições. Logo, o revestimento com fluido sobre a superfície jateada cromada tende a se manter uniforme, independente da composição química, sendo um indicativo para redução de custos empregando-se a menor concentração.

Em relação às campanhas dos cilindros, observa-se que os cilindros revestidos com cromo tiveram um aumento significativo na campanha para o caso dos cilindros da cadeira 3, com um aumento expressivo no volume processado de 220%. Os resultados obtidos para os cilindros cromados do laminador *Skin Pass*,

tanto em produção como no tempo, superaram a campanha em quase 3 vezes em comparação ao uso de cilindros sem revestimento. Oliveira (2011) verificou que este fenômeno é associado geralmente ao aumento da dureza frente ao revestimento do cromo, mas pouco se fala sobre a comparação de diferentes tipos de fluidos empregados para lubrificação do processo. Os indicativos de interação fluido-superfície mostram que a alteração química afeta diretamente as tensões superficiais da película formada, o que possivelmente irá ajudar na proteção dos cilindros frente ao contato direto metal-metal, em casos de pouca lubrificação. O Quadro 12 resume os resultados obtidos no estudo realizado.

Quadro 12 - Resumo Geral do Trabalho

Amostra	Rugosidade (μRa)	Dureza (em Vickers)	Ângulo de Contato Médio	Ângulo de contato	Produção (t)
Retificado	0,54	883,2	68,5°	65,8°	1500
Retificado cromado	0,54	1261,3	50,0°	45,8°	4800
Jateado	1,90	997,0	42,8°	35,3°	776
Jateado cromado	1,90	1236,3	32,4°	31,4°	2926

Calculou-se um ângulo de contato médio para as duas condições de emulsão para representá-la na figura do gráfico do resultado geral, para facilitar a comparação dos valores gerais obtidos neste estudo. Esta condição foi realizada levando-se em condição que no acompanhamento realizado no processo os valores flutuam como mencionado anteriormente nas faixas 1,80% a 2,20% para solução de emulsão e na solução de *Skin Pass* de 3,0% a 5,0%. Pode-se observar no gráfico da Figura 35, o efeito do acabamento sobre o ângulo de contato e, conseqüentemente na molhabilidade. Nas superfícies com rugosidade mais elevada, nas condições com e sem revestimento, o ângulo é menor quando comparado o retificado com o jateado. O efeito do revestimento também aparece de forma evidente, para as mesmas rugosidades, as superfícies revestidas apresentaram um ângulo de contato mais baixo, portanto, uma melhor molhabilidade.

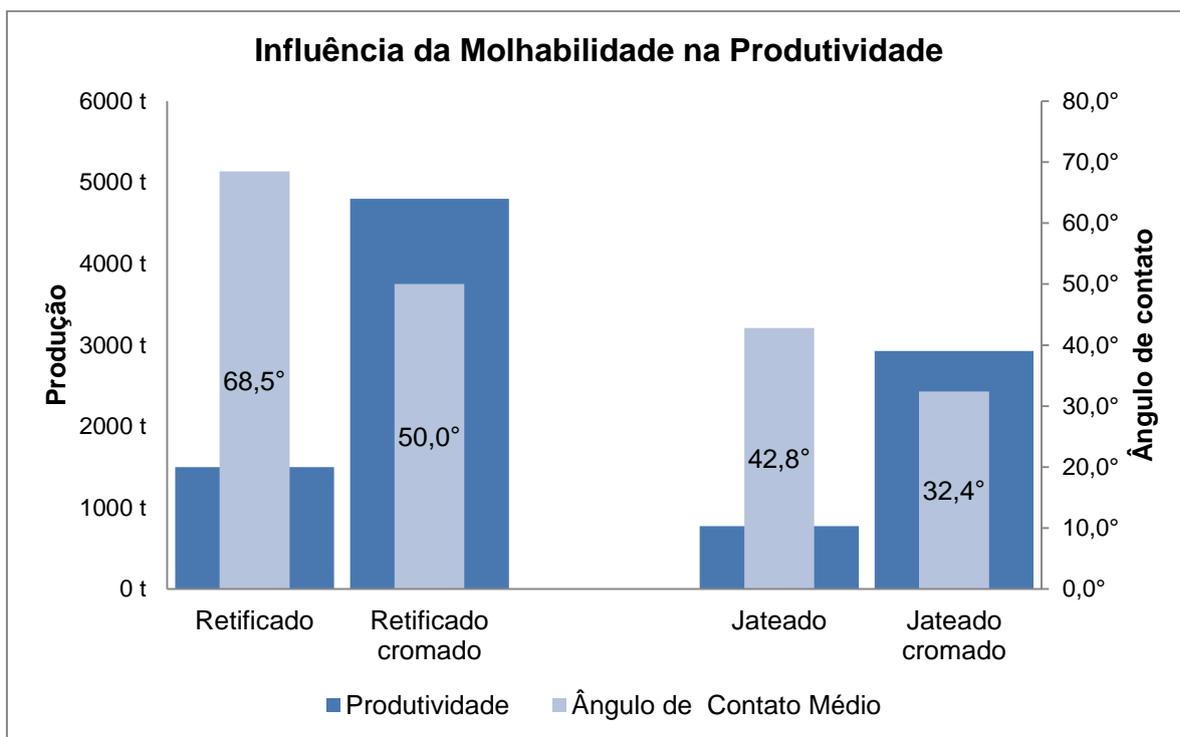


Figura 35 – Gráfico do Resultado Geral

O efeito do revestimento foi benéfico em termos de elevar a produtividade dos cilindros e também se destacando para as duas condições de acabamento: houve aumento de produtividade nas duas situações de superfícies revestidas.

4. CONCLUSÕES

O revestimento de cromo aplicado à superfície do cilindro de laminação muda sua característica sob a ótica do desgaste e seu comportamento no processo de laminação. Sendo assim, as principais conclusões obtidas são apresentadas a seguir:

- A rugosidade da superfície do cilindro se mantém mesmo após a deposição da camada de cromo, o que permite manter as características superficiais de cada cilindro do laminador.
- O processo de eletrodeposição apresentou uma homogeneidade de recobrimento ao longo da superfície analisada.
- A rugosidade superficial interferiu diretamente no ângulo de contato do fluido e da superfície.
- A molhabilidade nas amostras cromadas sempre foi maior que as não cromadas, considerando uma mesma rugosidade e um mesmo tipo de fluido.
- A elevação da concentração de soluto nos fluídos para os cilindros retificados sem cromo não mostrou uma variação significativa da molhabilidade.
- A amostra jateada e sem recobrimento de cromo, o aumento da concentração de soluto na solução de encruamento aumentou a molhabilidade.
- Ambas as soluções de encruamento tiveram o mesmo ângulo de contato para as amostras jateadas cromadas, indicando um mesmo comportamento para formação de filmes de fluido entre cilindro e material processado.
- A indicação dessa mesma sinergia de interação entre a superfície do cilindro cromado e a solução de encruamento permite afirmar que a menor composição de soluto pode ser financeiramente mais interessante, dada a manutenção das características de lubrificação.

Como temas para trabalhos posteriores, novas investigações podem ser realizadas sobre diferentes ópticas: o efeito de concentrações inferiores de soluto nas soluções de encruamento e emulsão de laminação, determinando o valor mínimo para seu uso. Além disso, recomenda-se avaliar a resistência a oxidação dos produtos processados com teores menores de soluto, pois estes fluidos permanecem sobre o material processado formando películas que permitem um tempo de trânsito sem oxidação.

Por último, a avaliação dos efeitos da temperatura sobre o ângulo de contato, utilizando goniômetro com dispositivo de aquecimento da solução.

ARTIGO

Avaliação das Campanhas de Cilindros de Laminação Revestidos com Cromo em uma Usina Siderúrgica

Bagger, K.K.^{1*}; Gomes L.F.¹; D'Oliveira I.F.¹; Cheung, N.²; Bertelli, F.¹.

¹ Universidade Santa Cecília, Santos, SP.

² Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

*E-mail: karlbagger@hotmail.com

Resumo: O aumento da campanha dos cilindros em laminadores reduz sensivelmente os custos da produção. O desgaste dos cilindros pode gerar uma redução de sua campanha, o que leva à necessidade de recondicionamento e substituição. Portanto é de extrema importância prolongar esta campanha. Esta necessidade de troca de cilindros pode ser reduzida através da alteração de propriedades mecânicas e tribológicas na superfície do cilindro pela deposição de cromo em finas camadas. O presente trabalho avaliou a campanha dos cilindros de laminação de aço ferramenta com revestimento de cromo em comparação com os resultados de cilindros sem revestimento.

Palavras-chave: Cilindros de Laminação; Revestimento de cromo; Laminação de aço;

Evaluation Campaigning of Rolls coated with Chrome on a Rolling Mill

Abstract: The campaign increase of the rolls in mills reduces remarkably reduce the production costs. The premature wear out of the rolls generates a reduction of the campaign leading to replacement and reconditioning. Therefore it is extremely important to increase the campaign. This roll change need can be reduced enhancing mechanical and tribological properties on the surface by the deposition of chromium thin layers. This study evaluated the campaign of tool steel rolling mill rolls with chrome plating comparing to the results of uncoated cylinders.

Keywords: Rolls for Mills; Chrome coating, Steel Rolling;

Introdução

O setor de laminação de aços é extremamente competitivo. A elevação dos volumes de produção na China tem pressionado os preços internacionais dos produtos a uma tendência de declínio, exigindo melhorias nos processos como forma de redução de custos [1]. Os cilindros de laminação são insumos que possuem impacto elevado nos custos da produção de chapas laminadas além de influenciar na qualidade do produto e eficiência dos equipamentos. No processo de laminação, os cilindros sofrem o desgaste

de sua superfície ao longo do tempo, afetando o seu acabamento superficial e exigindo a sua substituição e recondicionamento [2].

As recentes demandas do mercado, em especial da indústria automobilística, têm exigido materiais com maior resistência mecânica, afetando o processo de laminação e provocando um desgaste prematuro dos cilindros, reduzindo sua campanha e afetando a produtividade. Neste sentido, a pesquisa por novos materiais para produção de cilindros de laminação vem chamando atenção de diversos autores [2,3,4].

Oliveira, 2011, estudou o efeito da adição de uma fina camada superficial de cromo em cilindros de laminação feitos de aço forjado. Foi obtida uma melhora na performance dos cilindros, elevando sua campanha, tonelagem de produto processado entre recondicionamentos, redução da quantidade de resíduos no produto, maior homogeneidade no acabamento superficial com menor variação ao longo da tira laminada. [5].

O controle das condições de atrito e a lubrificidade do processo proporciona mais qualidade [6], além de melhor controle do material em processo, dimensão do produto (espessura e largura da tira), taxa de deformação, espessura da camada de cromo, concentração do óleo na emulsão de lubrificação.

Este trabalho visa avaliar a campanha de cilindros de laminação com revestimento de cromo e seus benefícios em relação aos cilindros convencionais sem revestimento, a partir de dados fornecidos por uma usina siderúrgica de alta produtividade.

Materiais e Métodos

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado na planta de uma usina siderúrgica produtora de 1,2 milhão de toneladas/ano de aços planos laminados. Foi avaliada a laminação de bobinas de aço a quente decapadas por banho em solução ácida de água com 12% de ácido clorídrico e protegidas com aplicação de óleo. A composição química dos aços laminados segue a norma ABNT NBR 1006 – aços de baixo carbono. A dimensão das bobinas laminadas foram: espessura entre 0,38 e 3,00 mm, largura entre 780 mm e 1550 mm com comprimento de 1200 a 4000 m e peso de 15 a 20 toneladas. (Tabela 1).

Tabela I - Características do material Bobinas laminadas		
Dimensões (mm)	Composição (% em peso)	Propriedades mecânicas
Espessura: 0,38-3,00	C: 0,0010 ~0,23	Limite de Resistência à tração: 270-600 Mpa
Largura: 780-1550	Mn: 0,15-1,40	Limite de escoamento: 140-440 MPa
Comprimento: 1200-4000	Si: 0,00-1,00 %;	Alongamento: 12-50%
Peso: 15 a 20t	P: < 0,025	

O equipamento utilizado para laminação foi um Laminador de Tiras a Frio contínuo de quatro cadeiras. O laminador de quadro cadeiras *quadruo* contínuo constitui-se de um par de cilindros de trabalho e um par de cilindros de encosto em cada cadeira. A figura 1 apresenta esquematicamente este sistema, onde as setas vermelhas indicam o conjunto de cilindros analisados.

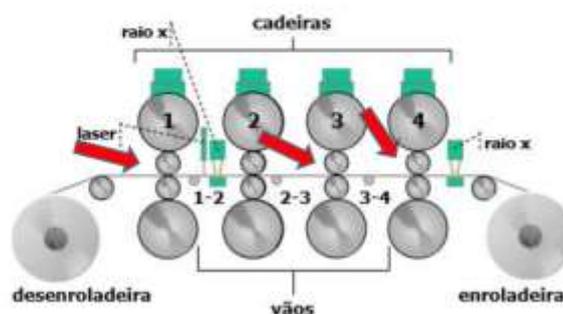


Figura 1- Representação esquemática do Laminador de Tiras a frio- Fonte: MURATORI

Os parâmetros do processo no laminador foram obtidos em *batch* pelo modelo matemático adaptativo e as variáveis de processo velocidade, cargas de laminação e concentração da solução de lubrificação dos cilindros foram gravados e armazenados no banco de dados para elaboração deste trabalho. O modelo realiza o *set up* definindo as cargas impostas nas cadeiras, considerando a resistência do aço a ser laminado e sua taxa de redução. O sistema possui uma malha de controle que realimenta os ajustes até o limite de carga dos motores. O atrito possui efeito sobre o processo e a falta deste pode gerar um escorregamento, provocando uma variação na carga e troca

antecipada dos cilindros [7]. Na tabela II são apresentados os principais dados de processo considerados neste estudo.

Cadeira	Diâmetro dos cilindros (mm)	Velocidade de laminação (m/min)	Taxa de redução (%)	Carga (tf)	Condições de lubrificação	
					Meio	Concentração
1	495-510	150-450	35	2500	Água	Pura
3	525-540	590-700	25	2000	Solução óleo sintético 1,80 a 2,20%wt	
4	540-575	900-1000	8	1000	Detergente	

A espessura da camada de cromo depositada eletroliticamente sobre a superfície dos cilindros variou entre 4 e 6 micrometros, com dureza entre 680 e 750 Brinell e coeficiente de atrito igual a 0,17.

A campanha é definida como o volume de material em tonelagem ou quilômetros de tira processado pelo cilindro laminador. Os cilindros sem revestimento já possuem um padrão de campanha definido pelas características do conjunto de materiais processados e histórico, que é objetivado nas campanhas.

Resultados

Os resultados obtidos nas campanhas de cilindros revestidos foram comparados aos dos cilindros convencionais, que possuem uma campanha programada já definida pelo modelo e seus dados históricos. A tabela III apresenta os resultados obtidos por cadeira programada e realizada em tonelagem. O número de bobinas consideradas no estudo foram 12.000, produzidas no período de Janeiro a Março de 2016. Cabe comentar que as campanhas afetadas por eventos independentes foram excluídas, como por exemplo, as trocas não previstas que abreviaram as campanhas por falhas operacionais, problemas de matéria prima e que não possuam qualquer relação com o fato dos cilindros serem revestidos ou não.

Cadeira	Cilindros convencionais	Cilindros revestidos	Aumento %
1	60 km – 240 t	180 km - 720 t	200%
3	1500 t	4800t	213%
4	120 km – 1200t	400 km – 4000 t	250 %

Os resultados obtidos demonstram que para as condições estudadas houve um aumento mínimo de 200% na campanha dos cilindros revestidos nas cadeiras, o que já é um ganho significativo de tempo de processamento sem interrupção do processo para substituição deste componente.

Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos durante o período avaliado demonstraram que os cilindros revestidos possuem uma campanha muito superior em relação aos cilindros convencionais sob as mesmas condições de processo.

Na cadeira 1 houve um incremento de 200% no volume de material processado em relação ao processo sem revestimento, sendo o menor incremento dentre as outras posições testadas. Este fato se deve à maior solicitação nesta etapa, exigindo uma carga mais elevada de 2500 tf e taxa de redução de 35 %.

Na cadeira 3 verificou-se um incremento da vida útil em 213% com a adição da camada de cromo. A expectativa programada de campanha era de 1500 t para os cilindros convencionais e, em contrapartida, os cilindros revestidos processaram 4800 t. As condições do processo são menos severas se comparadas a cadeira 1, ou seja, menor redução de área e menos carga de laminação. A avaliação de desempenho dos cilindros revestidos na cadeira 4 mostra um aumento expressivo na ordem de 250%. Esta é a posição de menor esforços mecânicos, essencial para o acabamento do produto e onde introduz-se a rugosidade final do produto, interferindo diretamente na qualidade do laminado [7].

Conclusões

O presente trabalho comprovou a eficácia dos cilindros revestidos com cromo frente aos cilindros convencionais. Foi apresentada uma comparação entre a campanha de cilindros de laminação revestidos com cromo e cilindros de aço ferramenta sem revestimento, havendo um ganho significativo na campanha entre 200% e 250 %, dependendo da posição da cadeira. Este ganho depende da posição de cada cadeira e, quanto mais severas as condições de processamento (cadeira 1) menor é o aumento da vida útil.

O impacto destes resultados refletirá diretamente sobre a competitividade do processo pois o aumento da campanha implicará em menor número de interrupções

no processo para troca de cilindros, proporcionando uma produção ininterrupta maior. Esta diminuição de trocas afeta também o intervalo de retificações, ficando estas mais espaçadas, reduzido os insumos em horas de máquina de retificação, além de possibilitar a redução de cilindros em giro.

Agradecimentos

À equipe da CRC Eng Antonio Fabiano Oliveira, ao Gerente do Laminador de Tiras a Frio e Oficina de Cilindros da Usiminas e sua equipe Eng Celio Souza pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Referências:

- 1 Instituto Aço Brasil. Consumo do aço no Brasil retrocede uma década. Única solução de curto prazo é a exportação. http://www.acobrasil.org.br/siderurgiaemfoco/Aco_Brasil_Informa_Jun16.pdf (Acessado em 28.agosto.2016).
- 2 OLIVEIRA, A.F. ET AL; Efeitos da Utilização de Cilindros de trabalho cromados sobre o Produto Laminado a Frio, ABM Seminário de Laminação (2011).
- 3 CORNÉLIO, G.T.; Caracterização de Materiais Utilizados na Fabricação de Cilindros de Laminação Submetidos ao Desgaste Abrasivo. Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Guaratinguetá (2006).
- 4 ULUTAN, M.; KILICVY, K; ÇELIK, O.N.; ER, U.; Microstructure and wear behaviour of plasma transferred arc (PTA)-deposited FeCrC composite coatings on AISI 5115 steel. *Journal of Materials Processing Technology* 236 (2016) 26–34
- 5 SILVA, M.A. ET AL; Influência das Variáveis de processo sobre o escorregamento Avante na Primeira Cadeira do Laminador de Tiras a Frio da Cosipa. ABM Seminário de Laminação (2006).
- 6 GONÇALVES JR, J.L.; Influência de Modificações Superficiais (Cromaço e Texturização) no Comportamento Tribológico de Aços para Fabricação de Cilindros. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Uberlandia (2011).
- 7 MURATORI, S.L. ET AL; Aumento de Estabilidade do Processo do Laminador de Tiras a Frio com a Utilização de Cilindros Revestidos com Cromo. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*,(ISSN 2176 -1515) 2012.
- 8 SILVA, M.A. Metodologia para Análise de Lubricidade no laminador de Tiras a Frio da Cosipa ABM Seminário de Laminação (2007).

Submissão

----- Mensagem original -----

De: "Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração" <no-reply@editoratubo.com.br>

Data: 18/05/18 18:26 (GMT-03:00)

Para: Karl Kristian Bagger <karl.bagger@usiminas.com>

Assunto: Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração [CE1743] - submissao completa

Prezado(s) Karl Kristian Bagger,

Seu artigo foi submetido com sucesso!

Os dados do artigo submetido são:

Código: CE1743

Título: ESTUDO DA MDLHABILIDADE DA SOLUÇÃO DE ENCRUAMENTO EM SUPERFÍCIES DE CILINDROS COM E SEM REVESTIMENTO DE CROMO

Autores: Karl Kristian Bagger, Felipe Bertelli,

Submetido por: Karl Kristian Bagger

O artigo será encaminhado para avaliação de consultores e, assim que obtivermos os pareceres, eles lhe serão informados por este mesmo e-mail.

Para acessar sua conta diretamente, sem login e senha, favor entrar no link:

Em caso de dúvidas, solicitamos-lhe entrar em contato com:

Agradecendo-lhe a colaboração, enviamos cordiais saudações.

Cordialmente,

Luciane Genzano Cruz
Assistente Editorial

Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração
ISSN 1807-300X

ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração

Rua Antonio Comparato, 218
04605-030 São Paulo - SP
Tel.: 11 5534 4333 ramal 116
Fax 11 5534 4330
www.abmbrasil.com.br

ABM | Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração

www.abmbrasil.com.br

Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração ABM - Associação sem fins lucrativos com objetivo de congregar pessoas e ações coletivas que promovam a evolução técnico-científica.

REFERÊNCIAS

BAGGER, K.K.; Gomes L.F.; D'Oliveira I.F.; et al. **Avaliação das Campanhas de Cilindros de Laminação Revestidos com Cromo em uma Usina Siderúrgica.** Encontro Nacional de Pós-Graduação - Universidade Santa Cecília – Unisanta, 2016.

BHADURI, A. **Mechanical Properties and Working of Metals and Alloys.** Springer Verlag, 2018.

CABAL, J.V.A.; FERNANDEZ, C.M.; VIGIL, J. L. R.; et al. **Actualizacion Tecnologica - Estudio de la relacion entre la limpeza de la chapa tras laminacion y las propiedades de la emulsion lubricante.** Unversidad Oviedo, Espanha, 2005.

CAPLAN, M.E.; Giri, A.; HOPKINS, P.E. **Analytical model for effects of wetting on thermal boundary conductance across solid/liquid interfaces.** Journal of Chemical Physics 140, Department of Mechanical Aerospace Engineering University of Virginia USA, 2014.

CARMAZEN, J.C.C.; OLIVEIRA, A.F.; D'Oliveira, I.F.; et al. **Melhoria no Desvio Padrão de Alongamento do Laminador de Encruamento 2 da Usiminas Cubatão.** 46º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, Santos/SP, 2009.

CORNÉLIO, G.T. **Caracterização de materiais utilizados na fabricação de cilindros de laminação submetidos ao desgaste abrasivo.** Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade do estado de São Paulo UNESP, 2006.

DIETER, G. **Metalurgia Mecânica.** McGrawhill, 3ª Edição, 1986.

FABOZZI, F.A.; SOUZA, R.M.; SINATORA, A. **Modelagem Matemática de Laminação a frio de Alumínio Efeito do Coeficiente de Atrito.** VIII Encontro de Laboratório de Superfícies USP, 2007.

GONÇALVES Jr, J.L. **Influência de modificações superficiais (Cromagem e Texturização) no comportamento tribológico de Aços para fabricação de cilindros de laminação a frio.** Tese de Mestrado, Departamento Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

GONÇALVES Jr, J.L.; BIASOLI de MELLO, J.D. **Avaliação tribológica do cromo duro e texturização aplicadas em aços para fabricação de cilindros de Laminação a frio.** Technol. Metal. Mater. Miner., v. 9, n. 3, p. 228-233, São Paulo, 2012.

JOHNSON, K.L. **Contact Mechanics.** Cambridge University Press, UK, 1985.

KIJIMA, H.; BAY, N. **Influence of tool roughness and lubrication on contact conditions in skin pass rolling.** Rolling Research Department JFE Japan / Department Mechanical Engineering, Technical University of Denmark – DTU, Denmark, 2009.

LEITE, M.V.; SANTOS, M. M.; MELLO, J. D. B.; et al. **Mecanismos de Desgaste de Cilindros de Trabalho dos Laminadores Tandem de Tiras a Frio do Brasil.** 48º

Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 2011, Santos. Semin. ABM, 2011, p. 728-738.

LESLIE, W.C. **The Physical Metallurgy of Steels**. McGraw-Hill, 1982.

LOVATO Neto, C. **Simulação Numérica da Laminação a frio no Laminador Sendzimir no. 2 da ACESITA**. Tese de Mestrado, Escola de Engenharia UFMG, 2006.

LU, G.; WANG, X.; DUAN, Y. **A Critical Review of Dynamic Wetting by Complex Fluids: From Newtonian Fluids to Non-Newtonian Fluids and Nanofluids**, 2016.

MADIAS, J. **Avances Recientes em Cilindros de Laminación**, ACERO Latinoamericano, 2008.

MAKKONENNA, L.; **A thermodynamic model of contact angle hysteresis**. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo 02044 VTT, The Journal Of Chemical Physics 147, 064703, Finland, 2017.

MALIJEVSKI, A. **Does surface increase roughness amplify wetting?** Journal of Chemical Physics 141, Institute of Chemical Technology, Prague, 2014.

MELO, F.G.; DANTAS, J.V.A.; BAGGER, K.K.; et al. **Estudo da Correlação entre a Resistência a Deformação e a Limpeza Superficial do Material Laminado a frio**. Instituto Argentino Siderurgia, Rolling Conference, Argentina, 2008.

MURATORI, S. L.; PIRES, C. T.A.; BAGGER, K. K.; et al. **Influência das Variáveis de Processo das sobre os Escorregamento Avante na Primeira Cadeira do Laminador de Tiras a Frio da COSIPA**. 43º Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Acabados, Curitiba/PR, Brasil, outubro de 2006.

MURATORI, S.L.; SANTOS, A.R.N.; OLIVEIRA, A.F.; et al. **Aumento da Estabilidade do Processo do Laminador de Tiras a Frio com a Utilização de Cilindros Revestidos com Cromo**. 228 Technol. Metal. Mater. Miner., v. 9, n. 3, p. 228-233, São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, A.F. **Caracterização de um Aço IF após Relaminação no Laminador de Encruamento**. Tese de Mestrado em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, A.F.; LENZ e SILVA, G.F.B.; NUNES, E.; et al. **Critical Evaluation Of Hard Chrome Covered Rolling Rolls**. 71º Congresso Anual Internacional da ABM- SP, Brasil, 2016.

OLIVEIRA, A.F.; ROSARIO, C.S.; BLANCO, J.D.; et al. **Efeitos da Utilização de Cilindros de trabalho cromados sobre o Produto Laminado a Frio**. 48º Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 2011, Santos/SP, Brasil, ABM, 2011.

PIETZRYK, M.; LENARD, J.G. **Thermal Mechanical Modelling of Flat Rolling Process**. 1991.

PIRES, C.T.A. **Sistemas de Otimização e Adaptação para Geração de Referências de um Laminador de tiras a frio**. Tese de doutorado Escola Politécnica Departamento de Engenharia Elétrica USP, 2007.

QIU, Z.L.; YUEN,W.Y.D. ; TIEU, A.K.; **Mixed Film Lubrification Theory and Tension Effects on Metal Rolling Process.** Transactions of the ASME 908, vol.121, October 1999.

RASP, W.; HAFELE, P. **Investigation into Tribology of Cold Strip Rolling.** Metal forming Steel Research 69, p 154 – 160, 1998.

ROSARIO, C.S.; CHAMONGE, F.T.; BLANCO, J.D.; et al. **Melhoria da Planicidade na Laminação a Frio da Usiminas Usina Cubatão.** 48º Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, Ouro Preto/MG, Brasil, ABM, 2013.

ROSARIO, C.S.; SIQUEIRA, C.O.; BLANCO, J.D.; et al.; **Estabilização do Consumo de cilindros de Trabalho do Laminador de Tiras a frio da Usiminas.** 51º Seminário de Laminação Processos e Produtos Laminados e Revestidos ABM, Foz do Iguaçu/PR, 2014.

SANTOS A. R.N; BLANCO, J.D.; DANTAS, J.V.A.; BAGGER; K.K.; CAPIOTO, N.; DUARTE, P.C.; MURATORI, S.L. **Otimização do monitoramento da emulsão do Laminador de Tiras a frio da USIMINAS.** 49º Seminário de Laminação de Produtos e Processos, p350, Vila Velha/ES, 2012.

SANTOS; M.B. **Identificação da força de atrito através de análise de sinais não lineares em ensaios tribológicos.** Tese de Doutorado Engenharia Mecânica, Departamento Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

SERATONI, C. R. **Cilindros de Laminação.** USP, 2008.

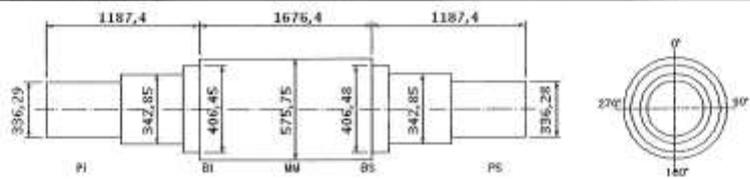
SMEULDERS, J.B.A.F. ; ZHU, B. ; SONG, Z.; et al. **Friction and surface Microstructure in Steel Cold Rolling Investigation in Pilot Mill Trials.** Iron & Steel technology AIST.org, p60- 68, 2018.

World Steel Association. **Steel Statistics Yearbook 2017.** Disponível em <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3e275c73-6f11-4e7f-a5d8-23d9bc5c508f/Steel+Statistical+Yearbook+2017.pdf>. Acesso em 15/02/2018.

WUSATOWSKI, Z. **Fundamentals of Rolling.** pág. 129, Elsevier, 1969.

YATSYSHIN, P.; SAVVA, N.; KALLIADASIS, S. **Wetting of prototypical one- and two dimensional Systems: Thermodynamics and density functional theory.** Journal of Chemical Physics 142, Department of Chemical Engineering Imperial College London, UK, 2015.

ANEXO A – Certificado de qualidade de cilindro

		CERTIFICADO DE QUALIDADE DE CILINDRO							
Cliente: CIA SIDERURGICA PAULISTA									
Certificado/versão: 000040130245/0000	Nº nota fiscal: 045163	Pedido: 411641-10	O.F.: 8606994						
Pedido do cliente: 4500561450-50/60/70		Nº cilindro: 051686	Nº cilindro cliente:						
Desenho, normas e especificações: A01M041-0052 IT.III REV. 7.15.08.2005									
PRODUTO SOLICITADO									
Material	VC10	Dimensões	575 mm 1.884 X mm X 4.051,2 mm						
Descrição	CILINDRO FORJADO LTF								
DADOS DE EXPEDIÇÃO									
Nº remessa:	0080833353	Embarque							
COMPOSIÇÃO QUÍMICA (Unidade de medida em %)									
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V
CascaMin	0,860	0,500	0,200	0,000	0,000	4,300	0,000	0,110	0,000
CascaMax	0,900	0,800	0,330	0,030	0,030	4,700	0,350	0,390	0,100
CONTROLE DIMENSIONAL									
									
Unidade de medida em mm									
Observação dimensional (As demais dimensões estão de acordo com o desenho do Cliente): TIR da mesa: 0,00300mm; TIR pescoço inferior: 0,00300mm; TIR pescoço superior: 0,00300mm;									
DUREZA (Unidade de medida em HSC)									
Posições									
	MM	BI	BS	PS	PI				
0º	88	88	89	43	43				
Pindamonhangaba, 13 de Outubro de 2008									
 <small>001 001 2008 0214001 1006 01640 0001 1009 1000000000 2002 00000000 2008 00000000 2001 OUR MANAGEMENT SYSTEM IS CERTIFIED TO ISO 9001 / ISO 14001 / OHSAS 18001</small>			 <small>Renato Rufino Xavier Gerente Técnico de Cilindros</small>						
CENTRO DE PRODUÇÃO: AVSA - Pindamonhangaba - Rod Luiz Dumont Villares KM 2, PINDAMONHANGABA, SP, Brasil CEP 12442-260 - Tel.:(012)2126-7222 - FAX:(012)2126-7285									
CENTRO COMERCIAL: AVSA - Pindamonhangaba - Rod Luiz Dumont Villares KM 2, PINDAMONHANGABA, SP, Brasil CEP 12442-260 - Tel.:(012)2126-7222 - FAX:(012)2126-7285 www.villares.com.br									

ANEXO B – Ficha de informações de segurança do produto - Solução de Encruamento

 <p>Nome do produto: Qwerl 265</p>	<p align="center">Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico</p> <p align="right">Pag: (1 de 5)</p>												
<p>1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA</p>													
<p><u>Nome do Produto:</u> QWERL 265</p> <p><u>Código do produto:</u> NA</p> <p><u>Aplicação:</u> Fluido lubrificante solúvel em água p/ encruamento úmido.</p> <p><u>Fornecedor:</u> QUAKER CHEMICAL IND. E COM. LTDA. Avenida Brasil, 44178 – Distrito Industrial de Campo Grande. Rio de Janeiro - RJ - CEP: 23078-000. FAX: 021-3305-1801</p> <p><u>Telefone de emergência:</u> SOS-COTEC : 0800-111-767. Quaker Chemical: 021-3305-1800</p>													
<p>2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS</p>													
<p><u>Principais perigos:</u></p> <p><u>Saúde:</u></p> <p><u>Inalação:</u> Não se espera efeitos significativos.</p> <p><u>Pele:</u> Em contato longo e repetitivo pode causar irritação.</p> <p><u>Olhos:</u> Irritante, podendo causar lesões no tecido ocular se não for removido.</p> <p><u>Perigos físico-químicos:</u> ND</p> <p><u>Meio ambiente:</u> Produto nocivo para água e solo.</p> <p><u>Perigos específicos:</u> Pode ter efeitos sensibilizantes na exposição prolongada.</p>													
<p>3. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES</p>													
<p>"Este produto químico é um preparado". Mistura de Sabões de boroamínicos, aminas, tolutriazol e tensoativos não iônicos etoxilados.</p>													
<p><u>Natureza Química:</u> Sabões amínicos e aditivos.</p>													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome químico:</th> <th>CAS Number</th> <th>Concentração %</th> <th>Classificação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Trihidroxietilamina</td> <td>102-71-6</td> <td>5,0 / 10,0</td> <td>LT=5 mg/m³</td> </tr> <tr> <td>2) Tolutriazol</td> <td>29385-43-1</td> <td>1,0 / 3,0</td> <td>(Xn): R 22/52/53. - EC=249-596-6.</td> </tr> </tbody> </table>		Nome químico:	CAS Number	Concentração %	Classificação	1) Trihidroxietilamina	102-71-6	5,0 / 10,0	LT=5 mg/m³	2) Tolutriazol	29385-43-1	1,0 / 3,0	(Xn): R 22/52/53. - EC=249-596-6.
Nome químico:	CAS Number	Concentração %	Classificação										
1) Trihidroxietilamina	102-71-6	5,0 / 10,0	LT=5 mg/m³										
2) Tolutriazol	29385-43-1	1,0 / 3,0	(Xn): R 22/52/53. - EC=249-596-6.										
<p align="right">Data: (28 / 09 / 2011) Número de Revisão: (00)</p>													



Nome do produto: Qwerl 265

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Pag: (2 de 5)

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

Inalação: Remover a vítima para local arejado. Mantê-la deitada em repouso.

Contato com a pele: Lavar com água e sabão neutro. Persistindo irritação, procurar auxílio médico.

Contato com os olhos: Lavar prontamente com água corrente 15 minutos. Se a irritação persistir procurar auxílio médico imediato.

Ingestão: Se a vítima estiver consciente dar água ou leite. Não provocar vômito. Procurar auxílio médico imediato.

Notas para o médico: ND

5. MEDIDAS DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

Meios de extinção apropriados: Utilizar CO2 / Espuma Química / Pó Químico Seco.

Meios de extinção contra indicados: (Água : Usar apenas neblina de água nas embalagens do produto expostas ao fogo como medida preventiva). Não usar jatos de água direta face ao risco de espalhamento do material de combustão.

Perigos específicos: Proteger embalagens não atingidas ainda pelo sinistro.

Métodos específicos: Evacue a área e combata o fogo a uma distância segura. Utilize diques areia para controlar pequenos focos. Não deve ser usado jato de água direta, face ao risco de espalhamento do material de combustão.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

Precauções pessoais: Usar EPI's indicados. Afastar curiosos do local.

Precauções para o meio ambiente: Evitar que derrames penetrem em esgotos, sistemas de águas pluviais mananciais e em contato com o solo.

Métodos para remoção e limpeza: Limpar com água e, se necessário, agente de limpeza como detergente de caráter relativamente neutro.

Recuperação: Se for possível, coletar excesso em recipiente apropriado.

Descarte: Vide seção 13.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

Manuseio:

Medidas técnicas apropriadas:

Prevenção da exposição: Usar EPI's : Luvas de PVC / Óculos tipo Ampla Visão ou com proteção lateral, além de calçados próprios de segurança e roupa(avental/macacão).

Prevenção de fogo ou explosão: Manter o produto afastado de fontes de ignição ou de temperaturas elevadas.

Precauções para manuseio seguro do produto químico: Ventilação natural ou Geral diluidora.

Avisos de manuseio seguro:

Armazenamento:

Medidas técnicas apropriadas: Não empilhar mais de 2 pallets como precaução.

Data: (28 / 09 / 2011)
Número de Revisão: (00)



Nome do produto: Qwerl 265

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Pag: (3 de 5)

Condições de armazenamento: Manter embalagem devidamente vedada. Local de estocagem manter ao abrigo e afastado de fontes de calor.

Produtos incompatíveis: Produtos químicos Ácidos, Álcalis, Oxidantes e Redutores.

Materiais para embalagens:

Recomendados: Plásticos ou Aço Carbono.

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Medidas de controle de engenharia: Recomenda-se ventilação natural ou geral diluidora.

Parâmetros de controle:

Procedimentos recomendados para monitoramento:

Equipamentos de proteção individual:

Proteção respiratória: Nas condições normais de trabalho desnecessária.

Proteção para as mãos: Luvas de PVC.

Proteção para os olhos: Óculos Ampla visão ou com proteção lateral.

Proteção para a pele e corpo: Macacão ou avental e calçado de segurança.

Medidas de higiene: Não comer, beber ou fumar no local de trabalho. Sempre que manusear o produto lave as mãos e trocar provável roupa contaminada.

* LT= 5,0 mg/m³ ppm - ACGIH (ref. à Trihidroxilamina CAS nr. 1102-71-6).

9. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Estado físico: Líquido ligeiramente turvo

Odor: Característico

Cor: Amarelado

pH (a 5%): 8,6

Viscosidade (a 40°C): ND

Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico:

Ponto de ebulição (°C): > 100 °C

Faixa de destilação (°C): NA

Temperatura de decomposição: >100°C

Ponto de fulgor: NA (Produto base água).

Temperatura de auto-ignição (°C): ND

Limites de explosividade:

LEI: (limite de explosividade inferior) %vol.:NA

LES: (limite de explosividade superior) %vol.:NA

Densidade: (a 25 °C): 1,050

Solubilidade: Miscível em água.

Outras: Voláteis(%): NA

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Estabilidade: Estável nas condições normais de uso e armazenamento.

Reações perigosas: Não há.

Data: (28 / 09 / 2011)
Número de Revisão: (00)



Nome do produto: Qwerl 265

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Pag: (4 de 5)

Condições a evitar: Temperatura altas ou muito frias.
Materiais a evitar: Produtos fortes como: Ácidos, álcalis e oxidantes.
Produtos perigosos de decomposição: CO / NOx.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidade aguda: Ref. (Trihidroxiethylamina CAS nr. 102-71-6, dados toxicológicos).
 LD 50(oral/rato) : > 8.000 mg/Kg - (ref. literatura do fornecedor da matéria prima).
 LD 50 (dermal/coelhos): > 10.000 mg/Kg. - (ref. literatura do fornecedor da matéria prima).
Efeitos locais: Sensibilizante.
 Capacidade de irritação: Em pessoas susceptíveis à dermatite pode causar agravar suas condições após contato repetitivo.
 Olhos: Pode ser irritante nos olhos.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Mobilidade: Produto de fácil mobilidade no solo. Produto totalmente solúvel em água.
Persistência/Degradabilidade: ND.
Bioacumulação: ND
Ecotoxicidade: Nocivo para organismos aquáticos.

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

Resíduos do produto: O produto pode ser processado em instalação aprovada para reciclagem ou pode ser descartado em local que seja devidamente aprovado para tal fim, porém, a utilização destes procedimentos obriga o interessado usuário a observar o cumprimento das leis e regulamentações dos órgãos aplicáveis à preservação do meio ambiente, considerando as características do produto no momento da eliminação.
Embalagens contaminadas: Descartes devem ser feitos atendendo exigências dos órgãos oficiais locais e federais. Reciclar embalagens. Não utilizar embalagens usadas para outros fins. Após uso do produto, as embalagens devem ser recicladas por coletores devidamente autorizados pelos órgãos oficiais de meio ambiente, de acordo com a lei vigente.
Método de descarte: Tratamento deve ser de acordo com instruções e normas dos órgãos governamentais que regulam a matéria de tratamento de resíduos e efluentes.
Agentes de limpeza recomendados: Água e, se necessário, com agente de limpeza.
*Atenção: (Mais detalhes sobre destinação final do produto usado, vide a seguir na seção 16).

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Transporte rodoviário no Brasil
Nome apropriado para embarque: NA
Número ONU: Não tem.
Classe de risco / divisão: Este produto não é regulamentado como perigoso para transporte.

Data: (28 / 09 / 2011)
 Número de Revisão: (00)



Nome do produto: Qwerl 265

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Pag: (5 de 5)

15. REGULAMENTAÇÕES

Regulamentações:

Frases de Risco :

R 43: Pode causar sensibilização no contato com a pele.

R 52: Nocivo para os ambientes aquáticos.

R 53: Pode causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente aquático.

Frases de Segurança:

S 24/25: Evitar contato com a pele e com os olhos.

S 29: Não jogar os resíduos no esgoto.

S 37: Usar luvas adequadas.

Regulamentações: Não possui componentes listados na 40 CFR 261. Este produto não contém substâncias das classes I e II da EPA (Depletors de ozona).

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

NOTA: Usuários devem ser orientados a usar EPI (Equipamento de Proteção Individual) e se informarem, em caso de dúvidas, em sua aplicação correta e regular.

REVISÃO: (00).

***OBS: DESTINAÇÃO FINAL:** Complementando informações do item 13:

Pode ser reciclagem como: **REREFINO:** Caso haja óleos minerais de petróleo ou materiais graxos neste último caso, p/ Indústria de Sabões. Dependerá do interesse da empresa coletadeira dos óleos usados e de análises p/ se saber características físico-químicas p/ viabilizar reciclagem.

INCINERAÇÃO: Queima-se o produto; indicado como alternativa adicional, quando não há outro destino.

ATERRO INDUSTRIAL: Alternativa, somente se o aterro for aprovado por órgãos de meio ambiente e governamentais.

Nota: Aterro industrial p/ resíduos de CLASSE-II (Não perigosos). * Este produto é de CLASSE II, (Não perigosos), conforme definido na Norma ABNT NBR 10004 de Resíduos sólidos.

COPROCESSAMENTO: Valem as duas alternativas acima (Rerrefino de óleos e Sabões industriais, caso as análises físico-químicas permitam).

* Estes dados são baseados em nosso atual conhecimento, porém não constitui garantia para qualquer uso específico e não estabelece vínculo de responsabilidade quanto ao uso correto e adequado do produto.

* Estes dados são baseados em nosso atual conhecimento, porém não constitui garantia para qualquer uso específico e não estabelece vínculo de responsabilidade quanto ao uso correto e adequado do produto.

NA - Não Aplicável.

ND - Não Disponível.

< - Menor que.

> - Maior que.

Data: (28 / 09 / 2011)
Número de Revisão: (00)

ANEXO C - Ficha de informações de segurança do produto - Emulsão de Laminação


FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico
ABNT NBR 14.725-4

Data de Impressão: 08/02/2017 Data de Revisão: 08/02/2017 Número da Revisão: 0

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

Nome do produto: Quakerol USI 1.0 CBT
Código do produto: NA
Principais usos e benefícios: Lubrificante para laminação a frio
Fornecedor: QUAKER CHEMICAL INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A.
 Avenida Brasil, nº 44.178
 Distrito Industrial de Campo Grande
 Rio de Janeiro - RJ - Brasil
 CEP: 23076-001
Número do telefone de emergência: WGRÁ: 0800-720-8000 (24h)
 Quaker Chemical: 0XX(21)-3305-1800 - FAX: 0XX(21)-3305-1801

2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Sistema de classificação utilizado: Norma ABNT-NBR 14725-2: Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU - GHS.

Irritação/danos graves aos olhos	Categoria 1
Sensibilização da pele	Categoria 1

Elementos apropriados para a rotulagem:

Pictogramas:




Palavra de advertência: PERIGO

Frases de perigo - H:
 H317 - Pode provocar reações alérgicas na pele
 H318 - Provoca lesões oculares graves

Frases de precaução - P:
 P280 - Use proteção ocular/proteção facial
 P305 + P351 + P338 - EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos

NA - Quakerol USI 1.0 CBT
1 / 9
Data de Revisão: 08/02/2017

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico
ABNT NBR 14.725-4

Data de 08/02/2017
 Impressão:

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando
 P310 - Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico.
 P281 - Evite inalar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerosóis.
 P272 - A roupa de trabalho contaminada não pode sair do local de trabalho.
 P280 - Use luvas de proteção.
 P302 + P352 - EM CASO DE CONTATO COM A PELE: Lave com água e sabão em abundância.
 P333 + P313 - Em caso de irritação ou erupção cutânea: Consulte um médico.
 P321 - Tratamento específico (veja instruções complementares de primeiros socorros neste rótulo).
 P363 - Lave a roupa contaminada antes de usá-la novamente.
 P301 + P310 - EM CASO DE INGESTÃO: Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA/médico.
 P331 - NÃO provoque vômito.
 P405 - Armazene em local fechado à chave.
 P501 - Descarte o conteúdo/recipiente em uma unidade de disposição de resíduos licenciada.

Doutros perigos que não resultam em classificação:
 Nenhum

3. COMPOSIÇÃO/INFORMAÇÃO SOBRE OS INGREDIENTES

Este produto químico é uma mistura.

Componentes que contribuem para o perigo:

Nome Químico	CAS No.	Weight-%	Classificação conforme Norma ABNT-NBR 14725-2-2009
Lard oil sulfurado	81780-48-8	1 - 5%	H317
Aditivo a base de enxofre	-	1 - 5%	H318 H320 H413

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

Inalação:	Remova para local arejado em caso de inalação acidental de vapores. Se a respiração for difícil, forneça oxigênio. Se não estiver respirando forneça respiração artificial. Consulte um médico, se necessário.
Contato com a pele:	Lave imediatamente com água em abundância durante 15 minutos pelo menos. Retire e lave a roupa contaminada antes de voltar a usá-la.
Contato com os olhos:	Lave imediatamente os olhos com água em abundância. Depois da lavagem inicial retire quaisquer lentes de contato e continue lavando por pelo menos 15 minutos. Se a irritação dos olhos continuar, consultar um especialista.
Ingestão:	Em caso de ingestão, consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem e o rótulo. Não provocar o vômito. Nunca administrar nada por via oral a uma pessoa inconsciente.
Sintomas e efeitos mais importantes, agudos ou tardios	Provoca danos oculares graves. Pode causar reações alérgicas à pele e irritação com coceira, vermelhidão e descamação.

FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico
ABNT NBR 14.725-4

Data de 08/02/2017
 Impressão:

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

Notas para o médico: Administrar tratamento de acordo com os sintomas e as condições clínicas do paciente. Se possível apresentar o rótulo do produto ou esta Fispq ao médico.

5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

Meios de extinção de incêndios adequados: Pó químico seco, CO2, água em spray e espuma química.

Perigos específicos: A combustão do produto pode gerar gases irritantes e tóxicos como monóxido e dióxido de carbono. Não inalar fumos de queima do produto.

Medidas de proteção da equipe de combate a incêndios: Utilizar EPI's quando indicados como Máscaras e respiradores com filtros de proteção contra fumos orgânicos liberados durante o incêndio.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

Precauções pessoais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência: Evacuar e isolar a área. Evite inalação, contato com olhos e pele. Utilize equipamentos de segurança conforme descrito na seção 8.

Para o pessoal do serviço de emergência: Seguir as mesmas precauções citadas no item anterior.

Precauções para o meio ambiente: Evitar que derrames penetrem em esgotos, sistemas de águas pluviais, mananciais de água ou em contato com o solo. Avisar autoridades ambientais.

Métodos e materiais para contenção e limpeza: Se possível, colete o produto derramado e coloque em recipientes adequados. Recolha o produto remanescente. Lavar e enxaguar com bastante água e, se necessário, utilizar agente de limpeza como detergente. Para destinação final, proceder conforme seção 13 desta FISPQ.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

Precauções para manuseio seguro

Manuseie em local ventilado. Providenciar ventilação adequada em locais confinados. Não inalar o produto. Evitar contato com a roupa, pele e olhos. Evite contato com materiais incompatíveis. Manter fechada a embalagem original após seu uso. Manusear de acordo com as boas práticas industriais de higiene e segurança. Lavar as mãos sempre após o manuseio do produto e trocar possível roupa contaminada. Não comer, beber ou fumar no local de trabalho. Usar EPI's conforme indicado na seção 8.

Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

Mantenha o produto em sua embalagem original. Estocar em local seco, fresco e ao abrigo da luz solar direta. Manter a embalagem bem fechada. Local de estocagem manter ao abrigo e afastado de fontes de calor.

8. CONTROLE DA EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Nome e Título de Informações de Segurança de Produtos Químicos
ABNT NBR 14.725-4

Data de 08/02/2017
 Impressão:

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

Nome Químico	Limites de Exposição (ACGIH)
Lard oil sulfurizado	Nenhum
Aditivo a base de enxofre	Nenhum

Medidas de controle de engenharia: Verifique se a ventilação é adequada

Equipamentos de proteção individual: As características de meios de proteção para o corpo devem ser selecionadas em função da concentração e quantidade das substâncias e de acordo com as condições específicas do local de trabalho.

Proteção respiratória: Se os controles de engenharia não mantiverem as concentrações aéreas num nível que seja adequado para proteger a saúde do trabalhador, um respirador NIOSH certificada com vapor de filtro / P100 orgânico deve ser usado.

Proteção das mãos: Luvas de PVC.

Proteção dos olhos: Óculos Ampla Visão ou com proteção lateral

Proteção do corpo e da pele: Usar calçado de segurança, Avental de PVC ou macacão de segurança para proteção de todo corpo contra respingos de produtos químicos.



9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Estado físico	Líquido
Aspecto	Marrom-escuro
Odor	Característico
pH concentrado:	Nenhuma informação disponível
pH diluído	5,05 a 2,5%
Ponto de fusão/ponto de congelamento	Nenhuma informação disponível
Temperatura de ebulição/intervalo	Nenhuma informação disponível
Faixa de destilação	Nenhuma informação disponível
Ponto de Fulgor	Nenhuma informação disponível
Taxa de evaporação	Nenhuma informação disponível

ABNT NBR 14.725-4

Data de Impressão: 08/02/2017

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

Limites de Inflamabilidade no Ar	
Limite superior:	Nenhuma informação disponível
Limite inferior:	Nenhuma informação disponível
VOC Content	Nenhuma informação disponível
Pressão de vapor	Nenhuma informação disponível
Densidade de vapor	Nenhuma informação disponível
Densidade	0,810 g/cm ³ (20/4 °C)
Solubilidade em água	Emulsionável
Solubilidade em outros solventes	Nenhuma informação disponível
Coefficiente de partição: n-octanol/água	Nenhuma informação disponível
Temperatura de autoignição	N.D.
Temperatura de decomposição	Nenhuma informação disponível
Viscosidade a 40 °C	38,85 mm ² /s ¹
Teor de não voláteis (%)	Nenhuma informação disponível

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Reatividade
Não é reativo.

Estabilidade química
Estável sob as condições de uso e armazenagem recomendadas.

Possibilidade de Reações Perigosas
Não há.

Condições a evitar
Temperaturas muito quentes ou muito frias. Materiais incompatíveis.

Materiais Incompatíveis:
Ácidos e oxidantes fortes.

Produtos de Decomposição Perigosa
Monóxido de carbono, óxidos de fósforo, óxidos de enxofre.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Informação de acordo com as diferentes vias de exposição:

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

ABNT NBR 14.725-4

Data de 08/02/2017
Impressão:

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

Toxicidade aguda: ETAm (oral): > 5000 mg/Kg
Toxicidade aguda: ETAm (dérmico): > 5000 mg/Kg

Nome Químico	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
Lard oil sulfureado	-	-	-
Aditivo a base de enxofre	-	-	-

Corrosão/Irritação da pele: Não é irritante para a pele.

Lesões oculares graves/Irritação ocular: Causa danos oculares graves.

Sensibilização respiratória ou à pele: Pode provocar reações alérgicas à pele.

Mutagenicidade em células germinativas: Não é esperado que o produto apresente potencial mutagênico para humanos.

Carcinogenicidade: Não é considerado carcinogênico para humanos.

Nome Químico	IARC Carcinogens	NTP	OSHA - Select Carcinogens
Lard oil sulfureado	Não listado	Não listado	Não listado
Aditivo a base de enxofre	Não listado	Não listado	Não listado

Toxicidade à reprodução e lactação: Não é esperado que o produto apresente efeitos.

Toxicidade ao órgão-alvo específico-exposição única: Não são esperados efeitos aos órgãos por exposição única.

Toxicidade ao órgão específico-exposições repetidas: Não são esperados efeitos aos órgãos por exposição repetida.

Perigo por Aspiração: Não classificado como perigoso por aspiração.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Ecotoxicidade

Não é classificado como tóxico para os organismos aquáticos.

Nome Químico	Toxicidade para algas	Toxicidade para peixes	Daphnia magna (pulga d'água)
Lard oil sulfureado	-	-	-
Aditivo a base de enxofre	-	-	-

Persistência e degradabilidade: Nenhuma informação disponível.

Bioacumulação: Nenhuma informação disponível.

ABNT NBR 14.725-4

Data de Impressão: 08/02/2017

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

Nome Químico	Coefficiente de partição octanol/água
Lard oil sulfurizado	-
Aditivo a base de enxofre	-

Mobilidade no solo: Boa mobilidade no solo. (Produto solúvel em água).

Outros efeitos adversos: A descarga no meio ambiente é proibida.

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE A DESTINAÇÃO FINAL

Métodos recomendados para destinação final do produto:	O produto pode ser processado em instalações de reciclagem ou descartado em local autorizado, mas, este procedimento obriga o usuário a seguir as regulamentações governamentais de preservação de meio ambiente, considerando as características do produto quando descartado. Devem ser consultadas legislações federais, estaduais e municipais.
Restos dos produtos	Manter restos dos produtos em suas embalagens originais e devidamente fechadas. O descarte deve ser realizado conforme estabelecido para o produto.
Embalagens usadas	Não reutilizar embalagens vazias, estas podem conter resíduos do produto e devem ser mantidas fechadas e com rótulo. Diapor adequadamente como resíduo ou enviar para recuperação em empresas credenciadas, podendo ser praticada a logística reversa, desde que previsto no PGRS (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos) do cliente. Recipientes usados devem ser descartados atendendo exigências de órgãos locais e federais de meio ambiente

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Regulamentações Nacionais e Internacionais

Terrestres:	Resolução n° 5232 de 14 Dezembro de 2018 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos perigosos e suas modificações.
Nome apropriado para embarque:	Não regulamentado
Hidroviário:	Diretoria de Portos e Costas (DPC): NORMAM 01/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto; NORMAM 02/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação Interior; Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ATAQ). IMO – "International Maritime Organization"; IMDG – International Maritime Dangerous Goods Code.
Nome apropriado para embarque:	Não regulamentado
Aéreo:	ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil – Resolução n° 128 de 8 de Dezembro de 2008; RBAC N° 175 – (Regulamento Brasileiro de Aviação Civil) Transporte de artigos perigosos IS n° 175-001 – Instrução Suplementar; International Civil Aviation Organization – Technical Instructions (ICAO-IT); International Air Transportation Association – Dangerous Goods Regulations (IATA-DGR).

ABNT NBR 14.725-4

Data de Impressão: 08/02/2017

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

Nome apropriado para embarque:

Não regulamentado

15. INFORMAÇÕES SOBRE REGULAMENTAÇÕES

Regulamentações específicas de segurança, saúde e meio-ambiente para o produto químico
Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos); Norma ABNT-NBR 14725:2014;

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

NOTA: Usuários devem ser orientados a usar EPI (Equipamento de Proteção Individual) e se informarem, em caso de dúvidas, em sua aplicação correta e regular. Adverte-se que o manuseio de qualquer produto químico requer conhecimento prévio de seus perigos pelo usuário. Cabe à empresa usuária do produto promover o treinamento de seus funcionários e contratados quanto aos possíveis riscos advindos do produto

Abreviações:

N.A. - Não aplicável.
N.D. - Não definido.
NE - Não estabelecido
< Menor que.
> Maior que.
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (EUA).
ADR: European agreement concerning the international carriage of dangerous goods by road.
BCF: Bioconcentration factor.
CAS: Chemical Abstracts Service (American Chemical Society) (EUA).
CESO: Concentração Efetiva para 50% dos animais em teste.
CL50: Concentração letal para 50% dos animais em teste.
DL50: Dose Letal para 50% dos animais em teste.
ETAm: Estimativa de Toxicidade Aguda de mistura.
GHS: Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals.
IMDG: International Maritime Code for Dangerous Goods.
IATA: International Air Transportation Association.
TLV-STEL: Limite de tolerância - período curto de tempo (15 minutos, máximo).
TLV-TWA: Limite de tolerância - média ponderada no tempo.

Preparado por Departamento de Saúde, Segurança e Meio ambiente.

Data de Revisão: 08/02/2017

Razão para a Revisão: Novo produto.

Estas informações de segurança de produto têm a finalidade de ajudar nossos clientes na avaliação de conformidade com os regulamentos de segurança e ambientais. As informações contidas neste documento são baseadas em nossos dados disponíveis que acreditamos serem exatos. Porém, nenhuma garantia de comercialização, adequação para qualquer uso ou qualquer outra garantia é expressa ou implícita sobre a precisão destes dados, o resultado a ser obtido do seu uso ou os perigos relacionados com a utilização do produto. Uma vez que a utilização deste produto está sob o controle exclusivo

ABNT NBR 14.725-4

Data de 08/02/2017
Impressão:

Data de Revisão: 08/02/2017

Número da Revisão: 0

do usuário, é obrigação do usuário determinar as condições para o uso seguro do produto. Tais condições devem cumprir os regulamentos referentes ao produto. A Quaker Chemical não assume nenhuma responsabilidade por qualquer prejuízo ou dano, direto ou consequencial, resultante da utilização deste produto, a menos que tais danos sejam atribuídos à negligência da Quaker.

A ficha de dados de segurança deste material foi preparada de acordo com a legislação brasileira e com a NBR 14725 da ABNT

Fim da Ficha de Dados de Segurança