



ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT  
CURSO TÉCNICO EM ELETRO MECÂNICA

MÉTODO ALTERNATIVO PARA RESFRIAMENTO DE FERRAMENTAS DE  
METAL DURO UTILIZANDO UMA SOLUÇÃO QUÍMICA

LEONARDO DE OLIVEIRA MOURA  
ROBERT DA SILVA MACHADO  
WILLIAM LEICHTWEIS SAUER

SÃO LEOPOLDO  
2020

Leonardo de Oliveira Moura  
Robert da Silva Machado  
William Leichtweis Sauer

Método Alternativo Para Resfriamento de Metais Utilizando uma Solução Química

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Eletromecânica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação de ensino, sob orientação da Profª Natani Rigol.

São Leopoldo

2020

## RESUMO

Esse trabalho tem por vista a têmpera e um novo jeito de utilizá-la com um custo mais baixo que o normal, assim trazendo uma ideia de usar materiais que vemos no nosso dia a dia e que possam ser trazidas para dentro das empresas ou fábricas com a intenção de melhorar a produção, a ideia foi usar uma combinação de elementos químicos para fazer o resfriamento de metais com eficiência.

O processo de tempera tem um custo elevado dependendo do método que é usado para resfriar o metal, mas a mistura química tem um custo baixo e de fácil acesso permitindo que todos que queiram utilizá-la possam ter seu rendimento máximo e com eficiência na hora do acabamento do processo.

A mistura química utilizada tem uma composição heterogênea por ter gelo, sendo ele o princípio de tudo, já que sua temperatura mínima é de 0°C, essa é a temperatura mínima que essa mistura precisa para exercer sua função de resfriar rapidamente o metal. Dessa forma, a pessoa conseguirá modelá-lo, conforme o seu desejo.

O princípio básico de um processo de têmpera é deixar o metal com uma dureza maior que a anterior ao processo, trazendo carbono para sua camada externa (parte visível do metal) através do aquecimento e depois o resfriamento rápido para o carbono não voltar para o centro do metal.

Concluimos que esse método alternativo para resfriamento de metais pode trazer algumas vantagens para a sua área de atuação. Uma delas é a redução do custo da produção com uma eficiência satisfatória para quem utilizá-lo. Sendo assim há uma significativa melhora na produção de materiais metálicos.

Palavras-chaves: Têmpera; Método; Metal; Química;

**SUMÁRIO DE IMAGENS**

Figura 1.....	12
Figura 2.....	12
Figura 3.....	13
Figura 4.....	13
Figura 5.....	14
Figura 6.....	14
Figura 7.....	17

**SUMARIO**

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO.....	7
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	7
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.4 JUSTIFICATIVA.....	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
2.1 ESTADO DA ARTE.....	8
2.2.1 TÊMPERA.....	8
2.2 BASEADO NA NORMA ABNT - NBR 8653 DE NOVEMBRO DE 1984.....	9
2.2.1.1 TÊMPERA EM ÁGUA (WATER HARDENING).....	10
2.2.1.2 TÊMPERA EM ÓLEO (OIL HARDENING).....	10
2.2.1.3 TÊMPERA EM SALMOURA (BRINE QUENCH).....	10
2.2.1.4 TÊMPERA POR CHAMA (FLAME HARDENING).....	10
2.2.2 TÊMPERABILIDADE (HARDENABILITY).....	10
2.2.3 TRATAMENTO TERMOQUÍMICO (THERMOCHEMICAL TREATMENT).....	10
2.2.4 TRATAMENTO TÉRMICO (HEAT TREATMENT).....	10
2.2.5 TRATAMENTO SUBZERO (SUBZERO TREATMENT).....	10
2.3 MATERIAIS.....	11
2.4 FERRAMENTAS DE METAL DURO.....	12
2.4.1 INCERTOS.....	12
2.4.2 BITS.....	12
2.4.3 BROCAS.....	13
3. METODOLOGIA.....	14
3.1 PESQUISAS UTILIZADAS.....	14
3.1.1 PESQUISA DE CAMPO.....	14
3.1.2 PESQUISA QUANTITATIVA.....	14
3.1.3 PESQUISA EXPERIMENTAL.....	14
3.1.4 PESQUISA BIBLIOGRAFICA.....	14
3.1.5 PESQUISA DE LEVANTAMENTO.....	14
3.2 MÉTODO DE PRODUÇÃO DA SOLUÇÃO QUÍMICA.....	14

3.3 MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA PRODUÇÃO DE OUTRAS MANEIRAS DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO QUÍMICA.....	15
3.4 RECURSOS.....	15
4. CRONOGRAMA.....	15
5. RESULTADOS ESPERADOS.....	16
5.1 PESQUISA QUANTITATIVA.....	16
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

## **1. INTRODUÇÃO**

A aplicação de um resfriamento brusco de ferramentas de metais duros pode ter um custo elevado. Por isso foi pensado um método que seja de custo baixo e com a mesma ou maior eficiência que os métodos de resfriamento brusco.

### **1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO**

Método alternativo para resfriamento de metais com um alto teor de carbono através de uma solução química à base de gelo, sal e dietilenoglicol.

### **1.2 PROBLEMA DE PESQUISA**

Como fazer um processo de resfriamento de metais mais rentável tanto economicamente como tecnicamente.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma solução química, de baixo custo, para aumentar o rendimento do processo de têmpera na produção de ferramentas de metal duro e diminuir seus custos, através da reação dos seguintes elementos químicos: gelo, sal e dietilenoglicol.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Introduzir um novo método de resfriamento de materiais metálicos dentro das possibilidades já existentes;
- Definir o melhor método de aplicação da solução química na área industrial;
- Comparar o rendimento financeiro da solução com os demais métodos.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O processo de têmpera tem um custo elevado e nem todas as empresas podem utilizar o melhor tipo de têmpera para sua produção. Então nesse trabalho será visado um método diferente de fazer a têmpera com um custo baixo e um rendimento alto.

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1 ESTADO DA ARTE

Segundo Goldsteinas e Berlier (2005), o processo de resfriamento brusco de uma carga em aço por fluxo de um gás ao nível da carga por intermédio de um meio de arrastamento do gás. O meio de arrastamento é comandado para fazer fluir o gás ao nível da carga a uma velocidade que varia segundo um perfil de velocidades do qual pelo menos uma parte compreende, sucessivamente, um patamar a uma primeira velocidade (44) e um patamar a uma segunda velocidade (46) superior à primeira velocidade.

Conforme Seidel (2001), se refere a um procedimento e um dispositivo para refrigerar e / ou lubrificar cilindros, particularmente os cilindros trabalhadores 2, 3 de um montante de cilindros e de uma tira a ser laminada 1 que esteja sendo deslocada entre estes cilindros durante a laminação, através da utilização de água sob forma de jatos pulverizados 4, 5 como agente de refrigeração, e de óleo, mistura de óleo e ar, mistura de água e óleo, ou mistura de óleo, água e ar, ou também de misturas de substâncias gordas à guisa de lubrificante. Para melhorar o efeito de refrigeração e lubrificação, a presente invenção propõe combinar a utilização de super-refrigeração das superfícies da tira e dos cilindros, e de lubrificação dos cilindros do lado da entrada do montante, sendo que os dois agentes água e lubrificante - são conduzidos separadamente até os cilindros 2, 3, ou até a tira a ser laminada, e são aplicados em locais de aplicações diferentes na superfície dos cilindros. Estão previstos reservatórios separados para a água e para o lubrificante, bem como dutos de alimentação separados até as vigas pulverizadoras 11 para a água e até as vigas pulverizadoras 12 para lubrificante.

No trabalho desenvolvido por Bardo et al (1996), é divulgada uma torre de resfriamento que é resistente a deslocamento lateral. Ao mesmo tempo que minimiza o número de tipos de peças também limita a quantidade de contraventamento horizontal.



A torre de resfriamento tem um esqueleto de armação de material reforçado com fibras. Conexões para transferência de momento são fornecidas nas conexões entre os elementos do esqueleto de armação e entre o esqueleto de armação e a base sobre a qual ele assenta. Podem ser realizadas economias de custo adicionais, utilizando-se peças separáveis, feitas de madeira, ao invés de material reforçado com fibras. As conexões para transferência de momento entre os elementos da armação são feitas colando-se os elementos unidos a uma placa de montagem. As conexões de transferência de momento entre a armação e a base são feitas colando-se os elementos da armação e a base à fundações. Também é divulgado um processo para construir tal torre de resfriamento. Contraventamento diagonal pode ser fornecido em juntas pré-selecionadas.

Todos os trabalhos comentados acima tem relação com o projeto a ser demonstrado, sobre resfriamento. As diferenças também se assemelham, pois os modelos acima utilizam água, gás e jatos para pulverizar, e o projeto a ser demonstrado apresentará a utilização de uma solução química.

## **2.2 BASEADO NA NORMA ABNT - NBR 8653 DE NOVEMBRO DE 1984**

Todas as informações a seguir foram retiradas de dentro da norma ABNT-NBR 8653(1984), substituída pela norma ABNT-NBR 136(2000), esta norma é a mais recente norma criada para substituir a norma ABNT – NBR 8653.

A NBR 8653 foi substituída pela NBR 136 no dia 30 de novembro de 2000.

ABNT - NBR 136:Estabelecer a terminologia e definições dos tratamentos térmicos de aços.

ABNT - NBR 8653: Esta Norma define os termos empregados em metalografia e tratamentos térmicos e termoquímicos das ligas de ferro carbono.

## **2.2.1 TÊMPERA**

Tratamento térmico caracterizado pelo resfriamento em velocidade superior à velocidade crítica de têmpera de uma liga ferro-carbono, a partir de uma temperatura acima da zona crítica para os aços hipoeutetóides e geralmente dentro da zona crítica para os aços hipoeutetóides, resultando em transformação da austenita em martensita.

### **2.2.1.1 TÊMPERA EM ÁGUA (WATER HARDENING)**

Têmpera em que o agente de resfriamento (meio de têmpera) é a água.

### **2.2.1.2 TÊMPERA EM ÓLEO (OIL HARDENING)**

Têmpera em o agente de resfriamento (meio de têmpera) é um óleo.

### **2.2.1.3 TÊMPERA EM SALMOURA (BRINE QUENCH)**

Têmpera em que o agente de resfriamento (meio de têmpera) é uma salmoura.

### **2.2.1.4 TÊMPERA POR CHAMA (FLAME HARDENING)**

Têmpera em que o aquecimento é produzido por chama.

## **2.2.2 TÊMPERABILIDADE (HARDENABILITY)**

Propriedade do aço que determina a profundidade e distribuição da dureza pela têmpera.

## **2.2.3 TRATAMENTO TERMOQUÍMICO (THERMOCHEMICAL TREATMENT)**

Conjunto de operações realizadas no estado sólido que compreendem modificações na composição química da superfície da peça, em condições de temperatura e meio adequados.

### **2.2.4 TRATAMENTO TÉRMICO (HEAT TREATMENT)**

Operação ou conjunto de operações realizadas no estado sólido que compreendem aquecimento, permanência em determinadas temperaturas e resfriamento, realizados com a finalidade de conferir ao material determinadas características.

### **2.2.5 TRATAMENTO SUBZERO (SUBZERO TREATMENT)**

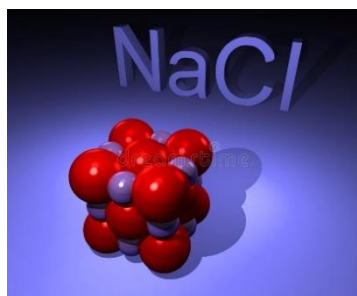
Tratamento realizado abaixo de 0°C. Particularmente, resfriamento de um aço a uma temperatura abaixo de 0°C para transformação da austenita retida em martensita.

## 2.3MATERIAIS

### -Cloreto de sódio

O sal é uma substância cristalina e ordinariamente branca, solúvel em água e crepitante ao lume. Trata-se do cloreto de sódio, que se pode encontrar na água do mar ou em algumas massas sólidas.

*Figura 1: Molécula de Cloreto de Sódio*

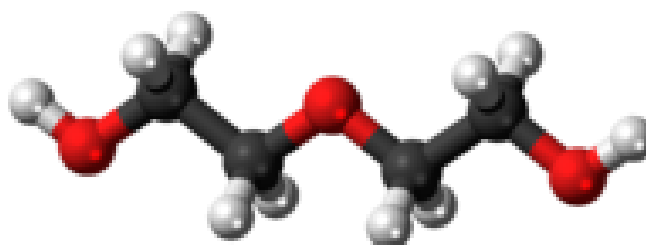


*Risto Viitanen(2019)*

### - Dietilenoglicol

Dietilenoglicol é um líquido incolor ligeiramente viscoso com odor suave, completamente miscível em água e com a maioria dos solventes orgânicos. É utilizado como intermediário químico nas indústrias de resinas poliéster insaturadas, e como agente plastificante e lubrificante para muitos produtos naturais e sintéticos. Pode ser utilizado também em formulações de anticongelante, óleos de usinagem, nas formulações de tintas de impressão.

*Figura 2: Molécula de Dietilenoglicol*



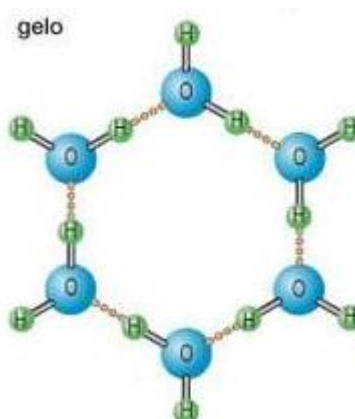
*Merck Index(2020)*

### -Gelo

É o estado sólido da água cristalizada no sistema hexagonal. Seu aspecto é vítreo e semitransparente. A sua densidade é inferior à da água, ficando em 0,9178 grama por centímetro cúbico. O seu ponto de fusão é de 0 grau Celsius a uma

atmosfera de pressão. A mesma massa de água em estado líquido ou em estado sólido tem volumes diferentes, pois, ao passar de um estado para o outro, o volume aumenta cerca de 9 por cento. Ao contrário da maioria dos outros sólidos, o gelo, no seu ponto de fusão, apresenta-se mais dilatado do que a sua forma líquida até atingir os 4 graus Celsius.

*Figura 1: Molécula de Gelo*



*Encyclopædia Britannica(2010)*

## 2.4 FERRAMENTAS DE METAL DURO

### 2.4.1 INSERTOS

Os insertos também conhecidos como pastilhas, existem diversos tipos de insertos mas nesse trabalho será abordado apenas os de metal duro e sua estrutura. Os insertos são produzidos com diversas camadas de metal duro e outros materiais, mas também são produzidos insertos apenas de uma camada de metal duro como eram produzidos no início dessa ferramenta no mercado de usinagem. As ligas que formam esses insertos normalmente são de carbonato (ou carboneto) tungstênio.

*Figura 4: Imagem de Um Inserto*



*Equipe da Empresa Iscar(2020)*

### 2.4.2 BITS

Os BITS são ferramentas feitas de ligas de tungstênio assim como os insertos de metal duro tendo como diferença que os insertos não podem ser afiados

novamente assim que desgastam apenas se utiliza um rebolo para afiar novamente o BITS.

*Figura 5: Imagem de BITS*



*SGcferramentas(2020)*

### **2.4.3 BROCAS**

As brocas são utilizadas nos processos de furação para realizar os diferentes tipos de furos que podem ser realizados por uma furadeira, torno ou fresadora. As brocas podem ter variados tipos de gumes cortantes e também variada quantidade de gumes cortantes. Dependendo do tipo de furação desejada a ferramenta também varia de formato, espessura, tamanho do gume de corte e material que forma a broca porque a ferramenta deve ser mais dura que a peça a ser furada. Como por exemplo, as brocas abaixo são feitas de aço rápido como foi dito pelo seus produtores da DHgate.

*Figura 6: Imagem de Brocas*



*DHgate(2020)*

### **3.METODOLOGIA**

#### **3.1PESQUISAS UTILIZADAS**

##### **3.1.1PESQUISA DE CAMPO**

- Questionário oral;

As perguntas feitas foram todas relacionadas a utilização e a eficiência das temperas no local de trabalho.

##### **3.1.2PESQUISA QUANTITATIVA**

Com base no questionário oral feito, foi criado um gráfico

##### **3.1.3 PESQUISA EXPERIMENTAL**

- Testes das hipóteses;

As hipóteses levantadas sobre a aplicação da solução foram testadas.

##### **3.1.4 PESQUISA BIBLIOGRAFICA**

- Utilização de fontes secundarias;
- Teorias;
- Normas ABNT;

##### **3.1.5 PESQUISA DE LEVANTAMENTO**

- Hipóteses;
- Métodos de aplicação já existentes;

Auxilio na criação de métodos alternativos para aplicação da formula;

#### **3.2MÉTODO DE PRODUÇÃO DA SOLUÇÃO QUÍMICA**

Em um recipiente que suporte o calor do metal (recomenda-se um tonel, por ser de metal e suportar bastante calor) colocar o gelo, após isso adicionar o sal e depois o dietilenoglicol. As medidas são: para cada 5 quilogramas, 1 quilograma de sal e 1 litro/quilograma de gelo. Após essas etapas de montagem da solução, é só colocar a

ferramenta que deseja aplicar o processo de tempera. Claro que utilizando todos os devidos equipamentos de proteção para prevenir acidentes de trabalho.

As informações acima têm origem de testes físicos realizados pelos autores.

### **3.3 MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA PRODUÇÃO DE OUTRAS MANEIRAS DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO QUÍMICA**

Duas ideias alternativas foram propostas para esse projeto. São elas:

- Resfriamento de metais utilizando um eletroímã: Esse projeto utiliza um eletroímã para que a peça ou chapa de metal seja mergulhada na solução química que fará o resfriamento.

- Resfriamento de diversos materiais através de um molde: Esse projeto utiliza um molde da peça com mangueiras que injetam uma versão em gasosa da solução para atuar como refrigerador.

Nenhuma foi escolhida, pois a ideia é de um projeto destinado à empresas de pequeno porte ou iniciantes, e como pode se ver não seria muito bem recebido por essas empresas de pequeno porte pelo preço dos materiais para montar ambos os projetos.

### **3.4 RECURSOS**

Local para fazer testes com a solução química (laboratório), não se sabe o custo desse recurso

Para fazer a solução será necessário três materiais;

- Dietilenoglicol Puro; (1 litro, R\$ 104)

- Gelo; (5 Litros, R\$ 15,50)

- Sal; (1 kilo, R\$ 1,59)

### **4. CRONOGRAMA**

Atividade	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	20	20	20	20	0	20	20	0	20	20	20
Entrega do Protótipo				X							

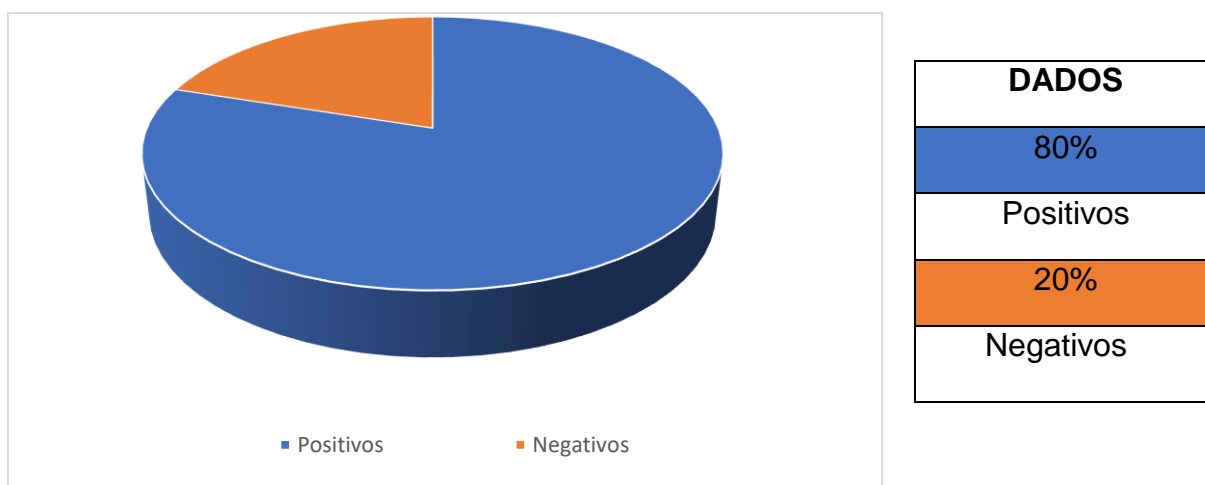
Correção do Trabalho			X	X				X			
Resumo/Abstract					X	X		X			
Compra dos equipamentos/ Protótipo							X				
Exposchmidt										X	

### 5.RESULTADOS ESPERADOS

- Solução com total funcionalidade;
- Longa duração de tempo;
- custo baixo;

#### 5.1 PESQUISA QUANTITATIVA

Figura 7: Representação em porcentagem da pesquisa feita



Feito pelo autor(2019)

No gráfico acima é mostrado a proporção dos trabalhadores que aprovam a têmpera utilizada em seu local de trabalho. Visto que o processo comum já é de boa qualidade, mas para empresas de pequeno porte esse tipo de têmpera teria mais custo que ganho por ser de um nível superior de trabalho chegando a níveis industriais. Porém a solução química proposta nesse trabalho oferece um rendimento igual ou maior que a têmpera utilizada nas empresas visitadas.

Através do gráfico também pode se ver como a têmpera é um item importante nas empresas de forjamento e outros diversos tipos de empresas onde se



utiliza esse processo. A sua função é aumentar a dureza e colocar o material em temperatura ambiente após o metal ter sido modelado da forma desejada.

Na pesquisa feita foram feitas perguntas sobre sua tempera atual, como seus custos, importância e eficiência. As respostas dos trabalhadores foram positivas sobre a eficiência, disseram que em sua produção a importância da tempera era como a dos outros processos, deveria ser o melhor possível e não sabiam direito sobre o custo da tempera em geral e de seus componentes, como não foi obtido resultados de custo com as perguntas feitas para os trabalhadores, foram feitas as perguntas sobre custo para a parte de gerenciamento de contas que disse que os custos de sua tempera eram bons mas poderia ser tentado a redução de gastos ainda mais, com isso foi criado o gráfico apresentado acima, quem cada 10% corresponde a uma pessoa.

## 6.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Conceito de sal. Disponível em <<https://conceito.de/sal>>. Acesso em: Jul/2019.

Definição de álcool etílico. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/alcool-etilico.htm>>. Acesso em: Mar/2019.

Endurecimento do aço. Disponível em <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAerNgAl/tratamento-termico-aula-04>>. Acesso em: Mar/2019.

Molécula de dietilenoglicol. Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Dietilenoglicol>> Acesso em: Dez/2019.

Norma ABNT-NBR 8653. Disponível em <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=56237>>. Acesso em: Out/2019.

O que é melhor para criar um processo endotérmico. Disponível em <<https://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20091229092513AAhrX3U>>.

Acesso em: Mar/2019.

O que é dietilenoglicol. Disponível em <<http://atlantaquimica.com.br/produtos/dietilenoglicol/>>. Acesso em: Dez/2019.

Procedimento e dispositivo para refrigerar e lubrificar os cilindros de um montante de cilindros. Disponível em <<https://www.escavador.com/patentes/420680/procedimento-dispositivo-refrigerar-lubrificar-cilindros-montante-cilindros#!>>. Acesso em: Mar/ 2019.

Processo de resfriamento brusco. Disponível em <<https://www.escavador.com/patentes/157920/processo-de-resfriamento-brusco>>. Acesso em: Mar/2019.

Progressos no desenvolvimento das ferramentas de metal duro. Disponível em <<http://www.usinagem-brasil.com.br/10594-progressos-no-desenvolvimento-das-ferramentas-de-metal-duro-ii/pa-1/>>. Acesso em: Fev/2020.

Qual a reação química do sal com o gelo, que faz com que a temperatura caia significativamente. Disponível em <[https://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20110108062029AAcOfqM&guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAANdodE8\\_mR9-m\\_9Q\\_gpTyAhkJh3zHqaidSrDBMuc\\_iCCdaDYftkccLWNCrSazSvwEIU9xVIDTAv3eaxxDNsuOdxgJzbYTTnEwW-64kftVR\\_tJQtmDLTYG1B8YjAFyWv09\\_D4DreyZvzmv18gVmLtPwAV\\_HsEXNkU5drqtzP7R36](https://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20110108062029AAcOfqM&guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAANdodE8_mR9-m_9Q_gpTyAhkJh3zHqaidSrDBMuc_iCCdaDYftkccLWNCrSazSvwEIU9xVIDTAv3eaxxDNsuOdxgJzbYTTnEwW-64kftVR_tJQtmDLTYG1B8YjAFyWv09_D4DreyZvzmv18gVmLtPwAV_HsEXNkU5drqtzP7R36)>. Acesso em: Mar/2019.

Torre de resfriamento e processo para construção da mesma. Disponível em <<https://www.escavador.com/patentes/520573/torre-de-resfriamento-e-processo-para-construcao-da-mesma>>. Acesso em: Mar/2019.

Tratamento Térmico e Termo Químico. Disponível em <[http://metaltech.com.br/arquivos/artigos\\_tecnicos/Trat\\_ligasferro.pdf](http://metaltech.com.br/arquivos/artigos_tecnicos/Trat_ligasferro.pdf)>. Acesso em: Out/2019.

Valor do gelo. Disponível em <<https://www.varanda.com.br/gelo-em-cubos-bon-gelo-pacote-com-5-litros.html>>. Acesso em: Jun/2019.

Valor do sal. Disponível em <<https://www.clubeextra.com.br/produto/66655/sal-refinado-lebre-pacote-1kg>>. Acesso em: Jul/2019.