

CONVENCION INTERNACIONAL DE LA INGENIERIA EN CUBA

CIIC 2010

Evento: VI Conferencia de Ingeniería Mecánica, Eléctrica e Industrial.

CIMEI 2010

TÍTULO: EFEITO DA TRANSFORMAÇÃO DA MICROESTRUTURA DO AÇO AO CARBONO OBTIDO POR PROCESSOS TERMOQUÍMICO A GÁS

AUTORES: Físico. Alberto de Castro Monteiro
ITEGAM/UFPA

E-mail: metalografia2000@yahoo.com.br

Prof. Dr. José Antonio de Souza Silva
Universidade Federal do Pará (UFPA)

E-mail: jass@ufpa.br

Eng^o. Macêdo Santos de Oliveira
ITEGAM/UFPA

E-mail: macedo_oliveira@hotmail.com

Eng^o. José Alain Delon

ITEGAM/UFPA

E-mail: alain.delon@hotmail.com.br

Eng^o. Jandecy Cabral Leite

E-mail: jandecy.cabral@itegam.org.br

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo mostrar como a modificação da estrutura bruta de fusão do aço de baixo carbono, pode transformar com a adoção de tratamento termoquímico a gás após laminado a frio. Esta operação é destinada ao endurecimento superficial das peças, dispositivos e ferramentas, no caso, obtidas pelo perfilamento para dispositivos com efeito múltiplo de corte em passe único, usada na produção de brochas circulares helicoidais, como aquelas aplicadas à ignição em isqueiro de bolso. Para isto, foram estudadas duas ligas de aço carbono extra-doce contendo teores aproximados de 0,1 – 0,2%. Ambas foram tratadas por processos termoquímicos logo após o processo de laminação. Para avaliar o desempenho destas ferramentas, foram feitas caracterizações da microestrutura pela técnica de ensaio metalográfico microscopia óptica, confirmando as interpretações das imagens das microestruturas com as microdurezas. Os resultados obtidos mostraram que os aços tratados com cianureto, apresentaram maior resistência à penetração da pirâmide do instrumento de medição de micro-dureza devido à presença de nitreto férrico.

Palavras chaves: Aço, microestruturas, Micro-dureza e Carbo-nitretação..

CONVENCION INTERNACIONAL DE LA INGENIERIA EN CUBA

CIIC 2010

Evento: VI Conferencia de Ingeniería Mecánica, Eléctrica e Industrial.

CIMEI 2010

TÍTULO: EFEITO DA TRANSFORMAÇÃO DA MICROESTRUTURA DO AÇO AO CARBONO OBTIDO POR PROCESSOS TERMOQUÍMICO A GÁS

**AUTORES: Físico. Alberto de Castro Monteiro
ITEGAM/UFPA**

E-mail: metalografia2000@yahoo.com.br

**Prof. Dr. José Antonio de Souza Silva
Universidade Federal do Pará (UFPA)**

E-mail: jass@ufpa.br

**Eng^o. Macêdo Santos de Oliveira
ITEGAM/UFPA**

E-mail: macedo_oliveira@hotmail.com

**Eng^o. José Alain Delon
ITEGAM/UFPA**

E-mail: alain.delon@hotmail.com.br

Eng^o. Jandecy Cabral Leite

E-mail: jandecy.cabral@itegam.org.br

ABSTRACT: This paper aims to show how the general change in the structure can transform raw fusion, with the adoption of thermo-chemical treatment gas, for carbonitriding of low carbon steel after cold-rolled. This is an effect achieved by gaseous diffusion in solid. This operation, for the hardening of tools, obtained by profiling for devices with multiple effect on cutting single pass, used in the production of circular helical broaches, such as those applied to the ignition lighter of pocket. For this, we studied two alloys, carbon steel extra sweet with concentrations approximately 0.1 - 0.2%. Both were treated by thermochemical processes immediately after the lamination process. To evaluate the performance of these tools, the microstructure characterizations were testing metallographic technique - optical microscopy, confirming the interpretations of images of the microstructures with the microhardness. The results showed that the steels treated with cyanide, showed greater resistance to penetration of the pyramid of the instrument for measuring microhardness, ie, higher hardness due to the presence of ferric nitride.

Key-Words: Steel, Microstructure, Microhardness, Carbonitriding).

1. INTRODUÇÃO

A superfície de peças, de dispositivos e de ferramentas, tem sido objeto de pesquisa na produção mecânica, pelo aumento da busca no mundo inteiro de método de engenharia de superfície alternativo, capaz de aumentar a resistência ao desgaste de dispositivos solicitados à abrasão. No entanto, o estudo de caso em tela, promove tratamento termoquímico para beneficiamento, na intenção de ampliar a utilização de matéria prima dos produtos siderúrgico na especificação de aço baixa liga e baixo teor de carbono, como é caso do o aço SAE 1020.

A que se deve o uso de aços dúcteis para a produção de brochas circulares, na construção de dispositivos, capazes de resistir ao desgaste? São varias as respostas, mas a que de fato, define a decisão é a capacidade de deformação plástica do material pretendido. E com o propósito de analisar tecnicamente como podemos beneficiar este material, para que o mesmo resista ao desgaste, assumimos aplicar um tratamento termoquímico e avaliamos a deposição de nitrogênio e carbono na superfície manufaturada e acabada pela usinagem. Para concretiza nossa preleção, tomamos como corpo de provas, dispositivos mecânicos, aqui denominado de brocha helicoidal multicortante. Em seguida, identificamos o dispositivo pelo nome de brocha, o qual se deve ao fato do perfil conter varias arestas cortantes, igualmente espaçadas na circunferência primitiva da roda dentada, conformada a frio. Conformação esta, facilitada pela ductibilidade do material, e a capacidade de reter em sua microestrutura os carbeto e nitreto, via difusão gás metal. Todavia, na certeza de que se leva êxito no tratamento termoquímico deste material em forno de atmosfera controlada, é que demonstraremos experimentalmente. As dimensões analisadas e medidas são em formas de camadas, justapostas na direção radial, variando da periferia ao núcleo, limitado por fina camada nitretada remanescente do processo no anel interno da roda.

O quanto migrou de átomos de Nitrogênio e Carbono para a superfície depois de uma batelada enviada ao forno controlado para: atmosfera, temperatura, tempo e pressão, será conferido nas tabelas 1,2 e 3. Quanto à aplicação deste dispositivo, deve-se ao fato de compor o conjunto laçador de chispas em altas temperaturas ao fluxo de gás combustível liberado pela válvula globo acionada pelo polegar. Ação capaz de produzir a ignição da mistura ar combustível, tendo como resposta a chama que se extingui, quando for liberada a alavanca da válvula. As chispas são formadas por uma barra composta pela mistura de 30% de ferro com 70% da liga de Cério, amplamente utilizado na construção de pedras de isqueiros de uso doméstico e industrial. Para produzir em uma pedra de isqueiro, faz-se necessário que a matéria prima detenha as propriedades do Cério. Visto que os mesmos alimentados por gás GLP são bastante utilizados nas atividades domesticas hoje em dia. Mas, o problema objeto deste trabalho, é o de que a brocha helicoidal, usada para este fim, não atenda as exigências da conformidade durante o teste de durabilidade da produção de chama. No entanto, a ação repetitiva em bancos de ensaios, sem que seja submetido a tratamentos termoquímicos capaz de suportar centenas de vezes o acionamento em atrito com a liga Fe-Ce, reflete no nosso problema. Também, o conteúdo de gás confinado na câmara reservatório do aparelho, deve ser consumido até a extinção, como é testado na conformidade de vida útil, afim de que atenda ao padrão de qualidade do cliente, faz-se necessário que a ferramenta

que lança chispas resista a todos os acionamentos se escamotear. Por isto, a experiência confirma que o desgaste da espoleta é superior ao desgaste da brocha, como era de se esperar, mas, a brocha deve ter resistência suficiente para superar o desgaste da espoleta elevando temperaturas cotas críticas identificada pelo brilho das chispas. Chispas estas, capazes de inflamar o gás e produz a chama esperada, cujo controle depende do acionamento manual simultâneo válvula reguladora de chama e o giro da brocha em seu alojamento. O problema então está na abrangência da camada nitretada, a qual exige como confiança a resistência ao desgaste. Por isto, estabilizam-se os parâmetros da unidade de tratamento termo químico, em condições tais que a temperatura e a vazão do gás amônia difundido no ambiente do forno, seja controlado e por fim, difundir a suficiente quantidade de carbono na camada logo abaixo camada nitretada, situado na coroa da brocha. Esta prática se faz com objetivo de elevar a resistência ao desgaste de materiais convencionais e baixo custo. Nesta vetorização de busca por uma melhoria no desempenho do dispositivo, desenvolve-se o processo de cabonitreção passando a ser a alternativa mais simples. Como esta tecnologia é a mais viável, quando se trata da produção em grande quantidade de unidades em uma só batelada. Por outro lado, escolha do tratamento termoquímico – nitreção foi indicado experimentalmente, devida a capacidade de elevar à dureza da superfície, aumentar à resistência a fadiga, ao desgaste e ao mesmo tempo a corrosão. A presença de modificação da superfície depende do teor de nitrogênio difundido em função da temperatura controlada, no tempo. Os processos de nitreção tradicionalmente usado na indústria, cuja classificação esta de acordo com o meio nitretante, dos quais a nitreção gasosa com amônia – NH_3 e banhos de sais são os mais usados. Todavia, são métodos de usos restritos pela insalubridade e ao meio ambiente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aço SAE 1020

O aço SAE 1020/G10200 é caracterizado como aço comum ao Carbono, com baixo teor, acerca 0,15 a 0,20%C em peso, limite de resistência a tração 380 MPa, Limite de escoamento 205 MPa, Ductilidade 25%, aplicações típicas: painéis automotivos, pregos, arames, tubos, estruturas e chapas em geral. Não respondem a tratamentos térmicos cujos objetivos sejam ao de obter martensita, todavia os aumentos da resistência se obtêm pelo trabalho a frio (encruamento). Suas microestruturas consistem de perlita na matriz ferrítica, por esta razão são relativamente fracas, porem possui ductilidade e tenacidade excepcionais, alem disto são usináveis soldáveis e relativamente mais baratos de se produzir. Eis um dos motivos, pelos quais decide se produzir brochas circulares com aço G10200/SAE1020 e depois da conformação plástica, submeter ao tratamento termoquímico para que atendam as especificações dos projetos de ferramentas cortantes, sujeitas ao desgastes, pela presença do nitreto férrico. Como também, se deve à necessidade de vencer as intempéries do acido úrico e a maresia oriunda do litoral, em outras palavras não oxidar durante o armazenamento em praças sujeito a maresia litorânea.

2.2 Tratamento Térmico

Em vista da necessidade de transformar os materiais dúcteis em resistentes ao desgaste, a indústria mecânica conta com a tecnologia de diferentes tratamentos termoquímicos. Nesta ótica, a engenharia de tratamentos de superfície encontra

aplicações, ao transformar aços de baixa liga, quando se visa alterar as propriedades superficiais, em tese combinar o núcleo tenaz e a superfície de elevada resistência ao desgaste é exigida. O endurecimento superficial do aço G10200, só é possível alterando a composição química da superfície crítica acrescentando átomos de carbono ou outro material capaz de tornar temperáveis. Para este fim, a maior parte dos tratamentos termoquímicos envolve a adição de Carbono e Nitrogênio. Estes dois elementos químicos são capazes de reagir e transformar-se em Nitretos e Carbeto, ao interagir como soluto dos interstícios do metal base, estes elementos de liga, difundem-se com rapidez no aço viabilizando o beneficiamento da tempera. Dentre os tratamentos, os mais processados são: Cementação – Carbonetação a 900 °C, Nitretação – Nitruração a 590 °C, Cianetação – uma carbonitretação em banho de cianuretação e Carbonitração – Carbono e Nitrogênio são introduzidos no aço em atmosfera gasosa a 800 °C e 900 °C.

No procedimento deste trabalho, o aço foi submetido ao tratamento de carbonitretação, em atmosfera gasosa de NH₃ e aquecimento combinado com Gás GLP, em função dos tempos de difusão destes elementos químicos e o aço G10200.

2.1.1 Normas de tratamento termico para carbonitretação

Conforme a NBR NM 136 - em seu parágrafo 8.2.4.4. A denominação de compostos entre 5 µm e 20 µm de alta resistência à abrasão de fase épsilon dúctil a diferença de fase gama primeiramente formada no nitreto gasoso;

- Uma camada do nitreto precipitado entre 0,2mm e 0,4mm denominada de camada de difusão ampliada consideravelmente a resistência à fadiga. (E)
- Uma camada de óxido de ferro superficial entre 1,0µm e 3,0µm durante etapas de pós-oxidação, para aumentar a resistência a oxidação;
- A duração do processo padrão é de 2h a 3h efetivas e entre 15h e 18h para nitrocarbonetação profundo.

3. METODOLOGIA

A metodologia usada para a conclusão do trabalho deveu-se ao fato da capacidade de examinar microscopicamente as camadas carbonitretadas nas superfícies cortantes das Brochas e a medição ótica com Micrometro Filamentar, da marca Mitutoyo cuja capacidade dimensional ao nível micrométrica (µm), ampliação 320X microscópio óptico. Os corpos de prova foram confeccionados segundo a norma NBR 13.284. Fotomicrografados e submetidos ao teste de micro dureza, colhendo medidas na superfície na interface e no núcleo. Foram obtidas três tabelas de medida cada uma delas contendo 30 medidas, sendo uma coluna 10 medidas, correspondendo às respectivas Brochas na conformidade e as outras duas colunas, obtidas com as Brochas que se apresentaram na categoria de não conformes. As medidas obtidas e registradas nas tabelas, foram realizadas nas dependências do Laboratório de Metalografia do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia – IFAM.

Com a finalidade de conferir os parâmetros do forno de tratamento térmicos, como também a adoção de Gás GLP no processo termodinâmico - aquecimento. Buscando-se dados que contribuam com a determinação dos parâmetros do forno usado, como também a quantidade de ferramentas que podem ser usadas na unidade por

operação, respondendo: O gás GLP atuou como contaminante? O vácuo no ambiente do forno foi mantido constante? O gás Amônia NH₃ realmente difunde com facilidade no aço G10200? A primeira pergunta deveu-se ao fato de que a fotomicrografia da FIGURA 02 mostra a presença de camada cementada em grande extensão em toda zona de difusão. Logo a abaixo da camada nitretada, evidenciando a expressão da reação do carbono no ferro, resultante do carbono remanescente do hidrocarboneto após a combustão e o ferro do aço.

Segunda questão deveu-se a fato que a oxidação oriunda de possível vazamento possa ter causado alterações microestruturais nas ferramentas. A terceira deveu-se a fato de que o relatório de não conformidades variou nas quantidades de ferramentas reprovadas pela escamação dos dentes das brochas durante o teste final. Em outras palavras empastam com o material que produz chispas.

Terceira questão deveu-se a fato de que na zona de ataque da ferramenta – arestas cortantes, a metalografia revelou deposito brilhante em relevo, denotando a presença da camada de aço nitretado. Conferindo-se então a difusão do nitrogênio oriundo do gás Amônia.

Com base experimental na rotina do Laboratório de Metalografia, foram recebidos para analisados 3 lotes de amostras do produto denominado no processo de: Brochas Circulares; dos quais foram selecionados 3 unidades de cada lote aleatoriamente, em seguida foram preparados 3 (TRÊS) corpos de prova, nas conformidades da norma NBR 13.284/ Abr/95 e ASME E – 3; registradas na TABELA 1, como segue abaixo:

TABELA 1 – *Descrições e Catalogações das Amostras no Processo*

Item	Corpo Provas	Peça /bobina nº.	Status	Data
01	A	A1_051109IFAM	APROVADO	05/11/09
02	B	B2_301009IFAM	REPROVADO	30/10/09
03	C	C3_091109IFAM	REPROVADO	09/11/09

Fonte – Laboratório de Metalografia do IFAM (2010).

Admitindo-se que o material recebeu tratamento termoquímico, com objetivo de aumentar a dureza superficial, conduz ao processo de medição das camadas, utilizando-se métodos e equipamentos ópticos e comuns de metrologia dimensional, como micrometro filментар, no qual pela fotomicrografia da Ferramenta, constatou-se que do tratamento termoquímico resultou na formação de camadas, composta de resíduos antioxidantes de três componentes químicos, tais como: camadas nitretadas na superfície, deposito de carbonetos precipitados e núcleo não transformado, pela ausência de carbono solubilizado. Em se tratando de uma coroa dentada na circunferência interna também se observou uma fina camada de nitretado – dimensões não necessárias à conformidade do processo. Contudo, com finalidade de inspecionar a profundidade do tratamento térmico recorreu-se ao levantamento das dimensões das camadas, com auxílio do micrometro filментар óptico na escala de milésimo de milímetro (microns, µm), tabuladas nas TABELAS: 02, 03, 04, conforme abaixo discriminadas.

Tabela 2 – Corpo de Provas dimensões em μm A_051109IFAM

A1	A2	A3	E1
1,41	1,88	0,03	0,03
2,44	1,56	0,027	0,028
1,56	1,56	0,027	0,03
1,31	1,13	0,03	0,03
1,81	1,44	0,024	0,03
1,91	1,09	0,03	0,03
1,63	1,47	0,027	0,028
1,34	2,03	0,027	0,03
1,41	1,72	0,03	0,03
1,31	1,63	0,03	0,03

Fonte: Laboratório de Metalografia e Ensaios IFAM (2010).

Tabela 3 – Corpo de Provas dimensões em μm B_301009IFAM

A1	A2	A3	E1
3,94	2,56	2,34	0,28
4,00	1,94	2,22	0,28
3,84	2,16	2,28	0,25
2,91	2,31	2,34	0,28
2,47	2,88	2,47	0,28
2,53	2,94	2,25	0,41
2,47	2,25	1,72	0,28
2,53	2,00	1,41	0,28
1,31	2,34	0,97	0,28
1,38	2,03	1,25	0,41

Fonte: Laboratório de Metalografia e Ensaios IFAM (2010).

Tabela 4 – Corpo de Provas dimensões em μm C_091109IFAM

A1	A2	A3	E1
4,03	2,88	0,28	0,38
3,13	3,47	0,34	0,44
2,09	2,08	0,38	0,84
2,88	1,72	0,28	0,94
3,53	2,22	0,50	0,53
3,78	1,19	0,34	0,41
2,00	1,28	0,31	0,34
1,91	1,75	0,34	0,31
2,22	1,78	0,31	0,28
2,22	1,59	0,25	0,31

Fonte: Laboratório de Metalografia e Ensaios – IFAM (2010).

LEGENDA:

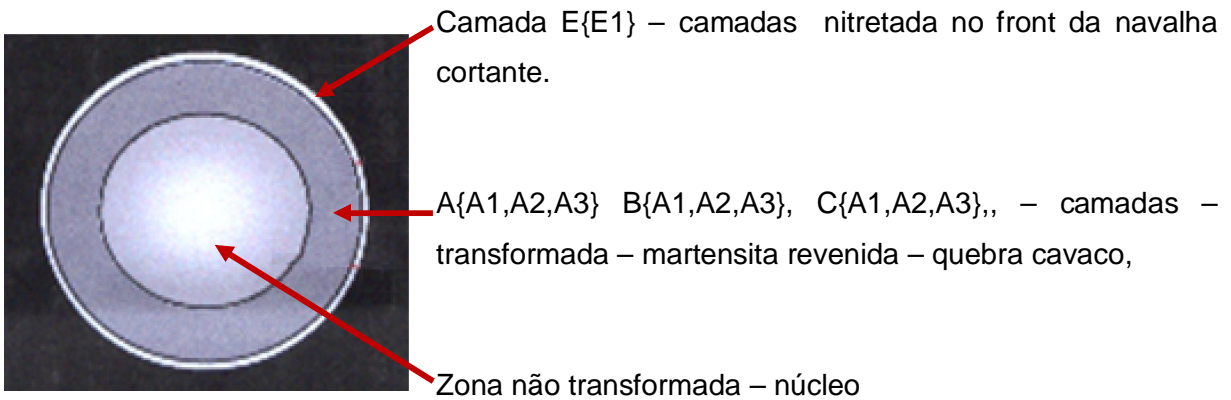


Figura 1 – Esquemático circular de camadas depositadas pelo processo de tratamento termoquímico.

4. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Após a realização dos ensaios metalográficos, verificou-se as características nos corpos de provas, tais que: O corpo de prova A, precipitou o carbeto em nitreto durante a transformação, destacando-se a camada carbonetada, bastante ativa na presença do reagente “Nital 5%”, cujo material de fabricação consistem de um aço baixo carbono laminado a frio esboçado pela faixa carbonitretada, tratada por processo termoquímico e resfriado em óleo. O corpo de prova B apresentou camada carbonitretada na faixa de 0,14 a 0,47 μ m. Quanto ao material e processo é tal como o material de A, destacando-se pela faixa larga de carbonetada. O corpo de prova C trata-se de um aço baixo carbono carbonitretado, cuja estrutura consiste de martensita revenida, partículas de carbonetadas e índices de austenita retida. Para complementar, segue as dimensões, conforme a TABELA 05 abaixo:

Amostras	Nitreto	Carbono
A	0,142	1,438
B	0,276	2,607
C	0,476	2,765

Amostra A - TABELA 05 – Dimensões Críticas *dimensões em μ m*

Fonte - Laboratório de Metalografia – IFAM (2010).

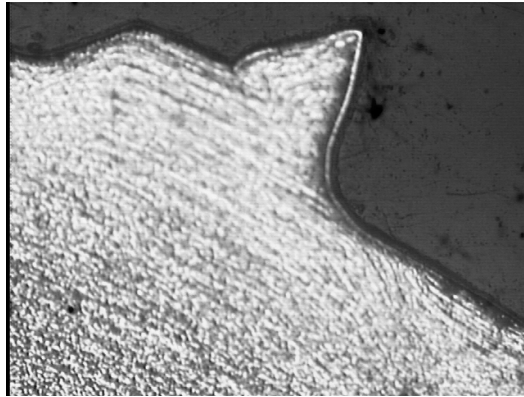


Figura 2 – Amostra A – 320X ataque Nital 5% - Laboratório de Metalografia - IFAM 2010.

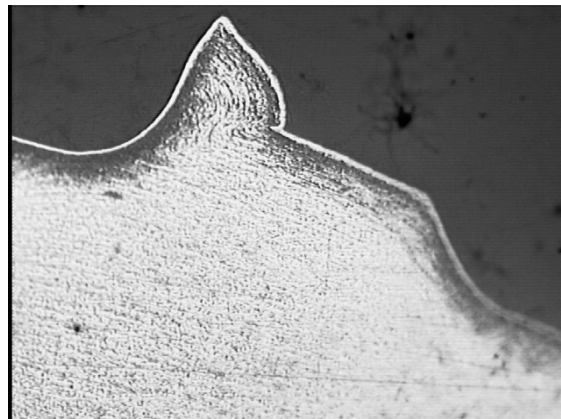


Figura 3 – Amostra B – 320X ataque Nital 5% - Laboratório de Metalografia – IFAM 2010

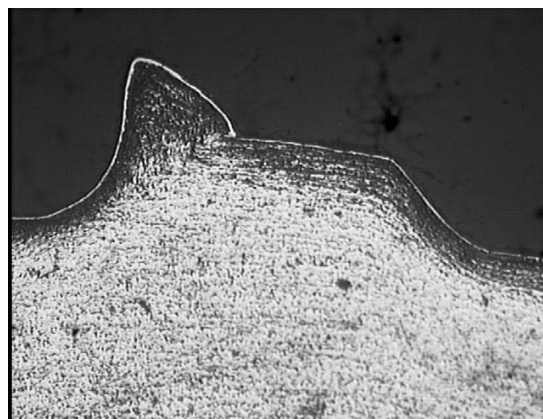


Figura 4 – Amostra C – 320X – ataque nital 5% - Laboratório de Metalografia – IFAM - 2010.

5. CONCLUSÃO

Portanto os tratamentos térmicos por difusão foram desenvolvidos e atendem as especificações de acordo com o parágrafo 8.2.1.1, da NM136/97, destacando as espessuras das camadas enriquecidas, distintas por: camadas nitrocarbonetadas em toda a odontologia da brocha circular, identificada pela coroa brilhante, na superfície de ataque. Destacam-se as zonas de difusão, resistentes a fadiga, em torno de $2,27\mu\text{m}$ de espessura, nas quais o teor de nitrogênio diminui à medida que se afasta da superfície (FIG. 2,3 e 4). Também se ressalta presença de camadas de nitretos precipitados que estão entre $0,14\mu\text{m}$ e $0,47\mu\text{m}$, veja TABELA 4.

AGRADECIMENTOS: Ao ITEGAM - Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia pela oportunidade do convênio com a Universidade Federal do Pará - UFPA através do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA). Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM

6. REFERENCIAS

- Callister, W. D. (2005). *Ciência e Engenharia de Materiais*. Rio de Janeiro-RJ: LTC.
- Colpaert, H. (2008). *Metalografia dos Produtos Siderurgicos Comuns*. São Paulo: Edgard Blucher.
- Metal, H. (2004). *Metallografy and Microestrutures - ASM Internacional The Material Information*. Ohio: Company Materials Parks.
- Oliveira, A. F. (2005). *Utilização da Termodinamica Computacional como Parâmetro de Controle em Processo de Carbonitreção Gasosa*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS (Departamento de Metalurgia).
- Santos, C. E. (2003). *Termodinamica dos Processo de Nitreção, Nitrocarbução e Carbonitreção Gasosa*. Porto Alegre: Univerdidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS (Escola de Engenharia).